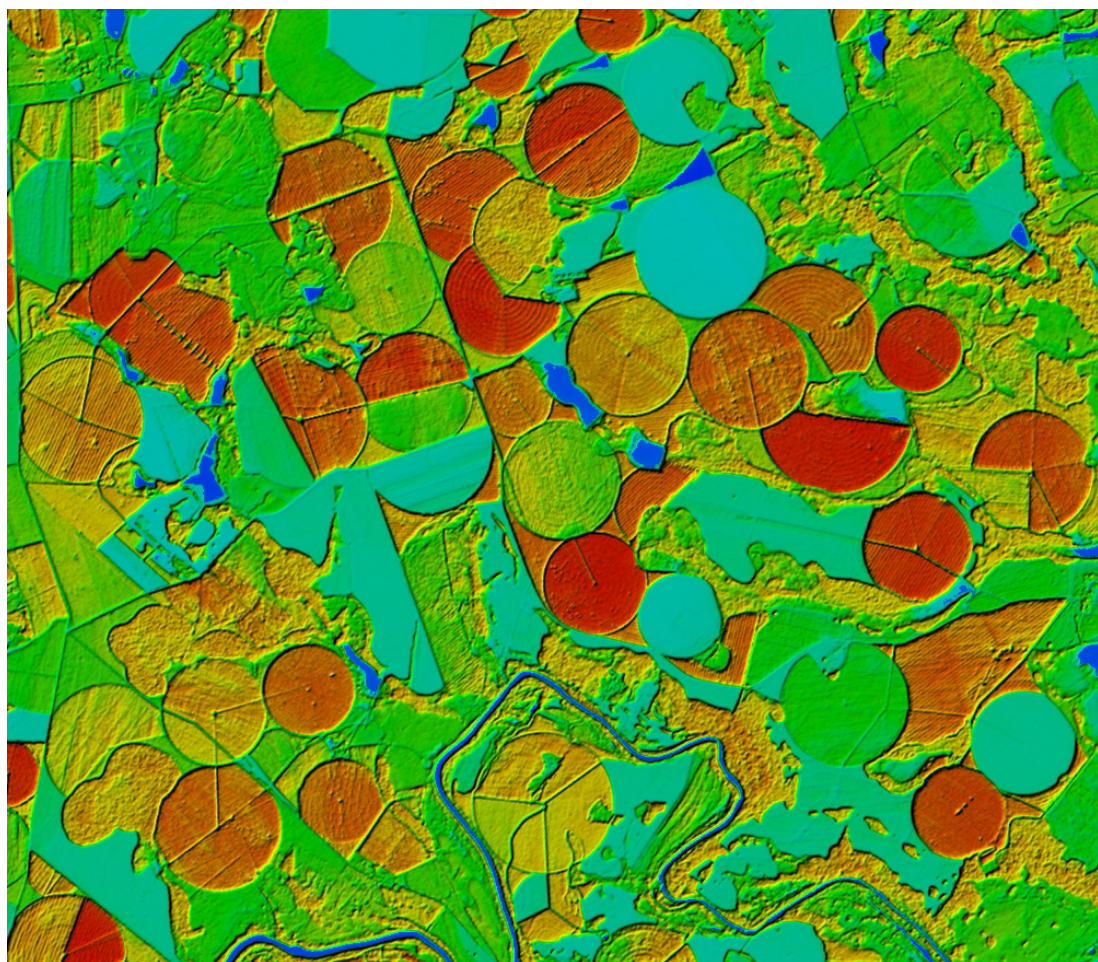


Georreferenciamento dos Pivôs Centrais de Irrigação no Brasil: Ano Base 2020



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
222**

**Georreferenciamento dos Pivôs Centrais
de Irrigação no Brasil: Ano Base 2020**

Daniel Pereira Guimarães
Elena Charlotte Landau

*Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2020*

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes.

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Fotos da capa
Daniel Pereira Guimarães

1ª edição
Publicação digital (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Nome da unidade catalogadora

Guimarães, Daniel Pereira.

Georreferenciamento dos pivôs centrais de irrigação no Brasil: ano base 2020 / Daniel Pereira Guimarães, Elena Charlotte Landau. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

63 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo ISSN 1679-0154; 222).

1. Irrigação. 2. Geoprocessamento. 3. Agricultura irrigada. 4. Equipamento de irrigação. I. Landau, Elena Charlotte. II. Título. III. Série.

CDD (21. ed.) 631.587

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

© Embrapa, 2020

Sumário

Resumo	05
Abstract	07
Introdução.....	09
A Irrigação por Pivôs Centrais	11
Levantamento das Áreas Irrigadas.....	15
Materiais e Métodos	18
Resultados e Discussão	22
Dados por Sub-Bacia/Ottobacia Hidrográfica.....	36
Evolução da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais / Análise Integrada	54
Considerações Finais	56
Conclusões.....	57
Referências	58
Anexo 1	63

Georreferenciamento dos Pivôs Centrais de Irrigação no Brasil: Ano Base 2020

Daniel Pereira Guimarães¹

Elena Charlotte Landau²

Resumo – O Brasil é um importante produtor global de alimentos. A agricultura irrigada tem possibilitado o aumento da produtividade e a extensão do período apto para a produção agrícola, o que também representa demanda local por recursos hídricos e frequente aplicação de agroquímicos. A identificação das áreas equipadas com pivôs centrais de irrigação contribui para uma gestão integrada dos recursos hídricos e priorização de áreas para restauração de ecossistemas relacionados com a água, conforme fundamentado pela Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH. Foi realizado levantamento nacional das áreas com pivôs centrais em 2020, através da identificação visual em mosaicos de imagens dos satélites *Sentinel 2* e *Cbers 4A*. Foram identificados 25.292 pivôs centrais, ocupando uma área potencialmente irrigada de 1.612.617,3 ha. Minas Gerais foi o Estado com maior número de equipamentos instalados (8.541) e área potencialmente irrigada (501.183,6 ha). Os municípios do País com maior área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados foram Paracatu-MG (72.726 ha), Unaí-MG (71.573 ha) e Cristalina-GO (62.355 ha); e aqueles com maior área relativa, Itaí-SP (17,83%), Santa Juliana-MG (15,85%), Casa Branca-SP (15,39%) e Romaria-MG (15,08%). O tamanho médio das áreas potencialmente irrigadas variou consideravelmente, com os pivôs maiores mais concentrados em Estados como Mato Grosso, e os menores, na região central da Bahia. Em termos de bacias hidrográficas, a maior concentração de áreas potencialmente irrigadas por pivôs centrais ocorre nas Regiões hidrográficas do Paraná (877.735 ha) e São Francisco (636.102 ha). As com mais do que 5% de

¹Daniel Pereira Guimarães, Engenheiro Florestal, Doutor em Ciência Florestal, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

²Elena Charlotte Landau, Bióloga, Doutora em Ecologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

suas áreas potencialmente irrigadas por pivôs centrais foram do São Marcos (RH do Paraná/Bacia do Alto Paranaíba) e a do Paracatu 01 (RH do São Francisco/Bacia do Médio São Francisco). Foi observado aumento de 9,1% em relação à área nacional irrigada por pivôs centrais registrada em 2017. Parte dessas variações pode ser explicada pela expansão da tecnologia, mas outras variações também podem estar relacionadas com a adoção de nova metodologia para a identificação das áreas irrigadas por pivôs centrais. O uso de imagens de melhor resolução permitiu a identificação de novos pivôs instalados, exclusão de áreas que deixaram de ser irrigadas, exclusão de falsas identificações e inclusão de pequenos equipamentos não identificados nos levantamentos anteriores. Diante da tendência de crescimento da demanda pelos múltiplos usos da água é evidente a necessidade de racionalização de seu uso. A expansão futura da agricultura irrigada estará condicionada a limitações ou incentivos econômicos, à disponibilidade de água de qualidade outorgada, à adoção de práticas conservacionistas que visem o aumento da quantidade e qualidade de água disponível para irrigação e à adoção de práticas de otimização do uso da água aumentando a eficiência de uso do método.

Termos para indexação: pivô central, agricultura irrigada, *Sentinel 2*, *Cbers 4A*, geoprocessamento, *Google Earth*, *Google Engine*.

Georeferencing of Central Irrigation Pivots in Brazil: Base Year 2020

Abstract – Brazil is an important global food producer. Irrigated agriculture has made possible to increase productivity and extend the period suitable for agricultural production, which also represents local demand for water resources and frequent application of agrochemicals. The identification of areas equipped with central irrigation pivots contributes to an integrated management of water resources and prioritization of areas for the restoration of water-related ecosystems, as substantiated by the National Water Resources Policy - PNRH. A national survey of areas with central pivots was carried out in 2020, through visual identification in image mosaics from the Sentinel 2 and Cbers 4A satellites. We could identify 25,292 central pivots, occupying a potentially irrigated area of 1,612,617.3 ha. Minas Gerais was the state with the largest number of installed equipment (8,541) and potentially irrigated area (501,183.6 ha). The Brazilian municipalities with the largest potentially irrigated area by the installed central pivots were Paracatu-MG (72,726 ha), Unaí-MG (71,573 ha) and Cristalina-GO (62,355 ha); and those with the largest relative area were Itaí-SP (17.83%), Santa Juliana-MG (15.85%), Casa Branca-SP (15.39%) and Romaria-MG (15.08%). The average size of potentially irrigated areas varied considerably, with the largest pivots most concentrated in states like Mato Grosso, and the smallest, in the central region of Bahia. In terms of hydrographic basins, the highest concentration of area potentially irrigated by central pivots occurs in the hydrographic regions of Paraná (877,735 ha) and São Francisco (636,102 ha). The ones with more than 5% of their areas potentially irrigated by central pivots were São Marcos (RH do Paraná/Alto Paranaíba Basin) and Paracatu 01 (RH do São Francisco/Meio São Francisco Basin). An increase of 9.1% was observed in relation to the national area irrigated by central pivots registered in 2017. Part of these variations can be explained due to the expansion of technology, but other variations may also be related to the adoption of a new methodology for the identification of areas irrigated by central pivots. The use of better resolution images allowed the identification of new installed pivots, exclusion of areas that are no longer irrigated, exclusion of false identifications and inclusion of small equipment not identified in previous surveys. In view of the growing trend in demand for multiple uses of water, the need to rationalize its use is

evident. The future expansion of irrigated agriculture will be conditioned by limitations or economic incentives, the availability of water of granted quality, the adoption of conservationist practices aimed at increasing the quantity and quality of water available for irrigation and the adoption of practices to optimize the use of water, besides increasing the efficiency of using the method.

Index terms: central pivot, irrigated agriculture, Sentinel 2, Cbers 4A, geoprocessing, Google Earth, Google Engine.

Introdução

O Brasil vem se tornando importante fornecedor de alimentos para atender às crescentes demandas globais. O setor agropecuário impacta fortemente os recursos naturais em razão da extensão da área ocupada, uso de recursos hídricos e agroquímicos, tornando essencial que a expansão da produção de alimentos seja pautada pela sustentabilidade dos sistemas de produção. A Agenda 2030 das Organizações das Nações Unidas (ONU) apresenta 17 objetivos de desenvolvimento sustentável que buscam melhorar a qualidade de vida e a preservação da natureza. As previsões da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) indicam a necessidade de aumentar em cerca de 60% a oferta atual de alimentos para suprir a demanda de uma população acima de nove bilhões de pessoas em 2050 e revelam que o Brasil deverá contribuir com grande parte dessa expansão (Marin et al., 2016). As análises de Ray et al. (2013) mostram que com as atuais taxas de crescimento da produção global de milho, arroz, trigo e soja, culturas responsáveis pela geração de dois terços das calorias demandadas pela alimentação humana, são insuficientes para atingir as metas previstas. Resultados similares foram obtidos por Santi et al. (2018) com relação às tendências de crescimento da produtividade do trigo no Brasil, além dos impactos ocasionados pelas mudanças climáticas. Outra questão relevante refere-se à minimização das perdas durante as fases de produção dos alimentos (dentro da porteira), armazenamento, transporte, industrialização, comercialização e consumo (Barrozo et al., 2019). A busca da produção sustentável de alimentos, fibra e energia pelo setor agrícola e a abertura de novos mercados devem estar em consonância com aspectos ligados aos impactos sociais, ambientais e econômicos (Thorstensen et al., 2019). As rápidas transformações determinadas pelo processo de urbanização e o aumento do poder de compra de países como a China e Índia tendem a impactar fortemente a demanda global por produtos agrícolas. De acordo com Maule (2020), o estoque global de alimentos teve uma redução de 50% no volume na última década.

Embora as condições climáticas no País permitam cultivos de sequeiro e, em algumas regiões, seja possível a produção de uma segunda safra apenas com a água advinda das chuvas, as altas produtividades se concentram em áreas e épocas de cultivo com boa disponibilidade hídrica. Desse modo, a produtividade da soja, cujo cultivo no Brasil ocorre durante a estação chuvosa e em regiões de boas condições climáticas, é similar à alcançada pelos produtores norte-americanos. Por outro lado, a produtividade do milho é drasticamente reduzida em função dos cultivos em áreas e épocas de plantio onde as condições pluviométricas são menos favoráveis. De acordo com as estatísticas da FAO (2020), em 2018, a produtividade da soja brasileira correspondeu a 98% da americana enquanto a do milho foi reduzida para 43%. Esses resultados mostram a vulnerabilidade da agricultura de sequeiro frente às anomalias climáticas.

De acordo com os resultados da Agência Nacional de Águas (2020d), a agricultura brasileira utiliza cerca de 10 mil m³/s de água, sendo 92,5% oriunda do ciclo hidrológico local (água verde) enquanto apenas 7,5% é proveniente de irrigação (água azul), ou seja, predomínio da agricultura de sequeiro. Embora o Brasil detenha por volta de 12% da água doce disponível para uso no planeta, nossa área irrigada representa apenas 2% da área global. Kundhavi e Puspa Raj (2018) citam que 80% da produção de alimentos no Paquistão é obtida com o uso de irrigação. O mesmo ocorre na China (70%), e acima de 50% na Índia e Indonésia. Nos Estados Unidos, a irrigação derivada do Aquífero Ogallala contribui para cerca de 20% da produção agrícola do país (Little, 2009). Os benefícios da agricultura irrigada no aumento da produtividade, no número de safras/ano, na estabilidade da produção e na produção em áreas inaptas para a produção de sequeiro são inquestionáveis. De acordo com a Borghetti et al. (2017), as áreas irrigadas correspondem a menos de 20% da área total cultivada, mas contribuem com mais de 40% da produção mundial de alimentos, fibras e culturas bioenergéticas. O Atlas Irrigação (Atlas..., 2017) mostra que a agricultura irrigada proporciona ganhos

de 3,6 vezes sobre o cultivo de sequeiro do arroz, 2,5 vezes para o feijão e 2,2 vezes na produtividade do trigo, sendo que o uso de equipamentos por pivôs centrais apresentou as maiores tendências de crescimento da agricultura irrigada no Brasil entre os anos de 2010 e 2016, últimos anos considerados nesse levantamento.

Embora o Brasil disponha de grandes áreas de pastagens que possam ser incorporadas na área agrícola, tanto pela simples conversão de uso ou pelos sistemas consorciados de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, a agricultura irrigada tende a ser cada vez mais importante no aumento da oferta de alimentos para suprir a crescente demanda universal. Nesse caso é fundamental considerar o uso da água, recurso finito e limitado que apresenta alta demanda pelo uso para diferentes fins. No caso brasileiro, a complexidade é ainda aumentada em razão do uso da água para a geração de energia elétrica.

A Irrigação por Pivôs Centrais

O sistema de irrigação por pivô central foi patenteado em 1952 no estado do Colorado, Estados Unidos, e o primeiro equipamento foi instalado no Brasil em 1979, no município de Brotas, em São Paulo (Agência Nacional de Águas, 2019). A expansão dos pivôs centrais para a Região dos Cerrados teve início no entorno da represa de Três Marias e foi corroborada pela ocorrência de áreas extensas de geometria plana, abundância de água e solos profundos. A Figura 1 mostra a tendência de crescimento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil entre 1985 e 2017.

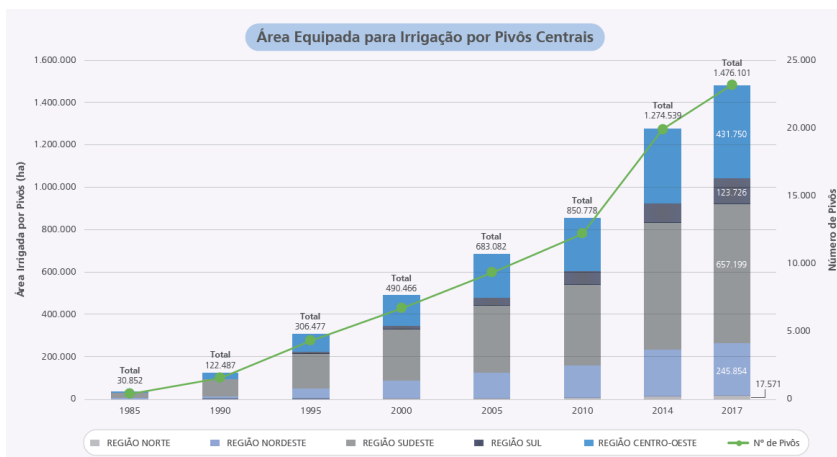


Figura 1. Crescimento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil.
Fonte: Agência Nacional de Águas (2019).

A Figura 2 permite comparar as áreas irrigadas no Brasil em função do sistema de irrigação adotado tendo como base os levantamentos feitos pelo censo agropecuário do IBGE em 2017. Os sistemas de inundação são usados principalmente no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina para o cultivo do arroz. Os sistemas de irrigação por aspersão correspondem a cerca da metade das áreas irrigadas no País com destaque para os pivôs centrais.

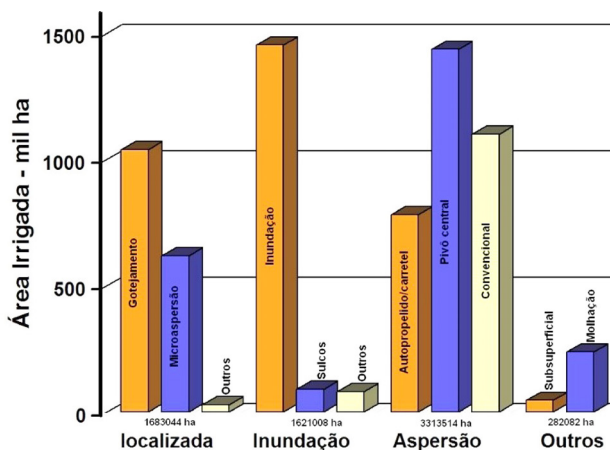


Figura 2. Sistemas de irrigação e respectivas áreas irrigadas no Brasil em 2017.
Fonte: IBGE (2020b).

A Tabela 1 mostra a eficiência dos principais sistemas de irrigação, que é uma medida representativa do aproveitamento da água pelas plantas em relação ao total aplicado pelo sistema. A eficiência da irrigação é determinada pela relação entre a lâmina de água requerida pela cultura e a quantidade total aplicada pelo sistema para suprir essa necessidade. O grau de eficiência depende da minimização das perdas de água durante a irrigação em função da ocorrência de escoamento superficial, evaporação, deriva e drenagem profunda. Verifica-se que os pivôs centrais possuem alta eficiência na aplicação de água de irrigação e existe uma tendência de ganhos na eficiência com a incorporação de novas tecnologias nesses equipamentos, como os emissores LEPA. Toledo et al. (2017), trabalhando com pivôs com média de idade de uso de 20 anos, encontraram excelentes resultados para a maioria dos equipamentos em relação à eficiência de aplicação de água e ao coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). Mesmo pivôs centrais com cerca de 30 anos de instalação continuam eficientes indicando a robustez dos equipamentos e a importância da manutenção na sua funcionalidade.

Tabela 1. Eficiência de sistemas de irrigação

Método	Sistema	Eficiência de Irrigação (%)
Superficial	Sulcos	40 - 70
	Corrugação	40 - 70
	Faixas	50 - 75
	Inundação	50 - 70
Subsuperficial	Lençol Freático Fixo	40 - 70
	Lençol Freático Variável	50 - 75
Aspersão	Convencional Portátil	60 - 75
	Convencional Semiportátil	60 - 75
	Convencional Permanente	70 - 80
	Autopropelido	60 - 70
	Ramal Rolante	65 - 85
	Pivô Central	75 - 90
	Deslocamento Linear	75 - 90
Microirrigação	Gotejamento	85 - 95
	Microaspersão	80 - 90
	Borbulhador ("Bubbler")	75 - 90

Fonte: Marouelli e Silva (2011).

A agricultura irrigada é a principal alternativa para o aumento da produção de alimentos sem expansão da área agricultável. A diversidade de cultivos, produtividade, estabilidade de produção, uso eficiente da água e aumento do número de safras anuais são fatores positivos para a segurança alimentar e qualidade de vida frente às crescentes demandas por alimentos, fibras e energia renovável. Por outro lado, é fundamental considerar a crescente demanda pelos recursos hídricos, sazonalidade na oferta e a preservação ambiental. São crescentes as tendências de conflito pelo uso da água entre os próprios irrigantes, com produtores rurais, setor urbano, setor industrial e setor elétrico. A tendência de concentração de polos de irrigação tende a agravar os conflitos. Estudos da Agência Nacional de Águas (2020c) avaliaram a demanda hídrica para irrigação nos polos nacionais do Oeste da Bahia, Alto Paracatu/Entre Ribeiros, Alto Teles Pires, Alto Paranapanema, onde predominam a agricultura irrigada por pivôs centrais, e nos polos de Petrolina/Juazeiro (irrigação localizada) e Jacuí (inundação). Outros polos com alta concentração de pivôs centrais são a bacia do rio São Marcos, Noroeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Noroeste Rio-Grandense, Mesorregiões de Campinas e Ribeirão Preto-SP, a região de Mucugê na Chapada Diamantina e de Irecê-BA. Fica evidente a necessidade do monitoramento contínuo das áreas irrigadas para que sua expansão possa ocorrer de forma a maximizar os benefícios sociais e econômicos e minimizar os impactos ambientais.

O georreferenciamento atualizado dos pivôs centrais no Brasil contribui para a determinação mais precisa das áreas irrigadas, determinação do status de uso (ativo ou não), posição em relação às áreas de preservação, concentração em microbacias hidrográficas, avaliação da demanda hídrica e condições das lavouras por sensores remotos, formulação de políticas públicas e necessidades de suprimento de energia elétrica, implementação de técnicas de agricultura de precisão, escoamento/armazenamento da produção e outros.

Levantamento das Áreas Irrigadas

Diferentes metodologias têm sido usadas para estimar a área irrigada por pivôs centrais no Brasil. Uma importante contribuição é dada pelos levantamentos da Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação (CSEI) da ABIMAQ - Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos. O Censo Agropecuário do IBGE representa outra importante fonte de informações nessa área (Landau et al., 2013). Em ambos os casos, os levantamentos não indicam a geolocalização dos equipamentos de irrigação e, no caso do censo agropecuário, as informações são atualizadas a cada cinco anos com interferências em razão de limitações de recursos públicos, sendo que as últimas coletas de informações da área irrigada no País ocorreram nos anos de 2006 e 2017. O uso de imagens de satélite permite a identificação e delimitação da área irrigada de cada equipamento de irrigação e tem sido viabilizado desde a entrada em operação do satélite Landsat 5 em 1984 com imagens de resolução espacial de 30 metros por pixel. A precisão dos levantamentos foi aumentada com o aumento do número de bandas espectrais e a inclusão da banda PAN (*Enhanced Thematic Mapper*) com 15 metros de resolução nos satélites Landsat 7 em 1999 e Landsat 8 em 2013. A entrada em operação dos satélites da Agência Espacial Europeia (ESA) em 2015 (Sentinel 2A) e 2017 (Sentinel 2B) passou a disponibilizar imagens gratuitas compostas de 13 bandas espectrais, resolução espacial de 10 metros para as bandas do visível e períodos de revisitas a cada cinco dias. A recente entrada em operação do satélite brasileiro CBERS 4A, com banda pancromática com 2 metros de resolução, contribui de modo decisivo para o uso de imagens gratuitas no monitoramento do uso e ocupação dos solos no País. O lançamento das constelações de nanossatélites tem contribuído para baratear os custos de aquisição das imagens, aumentar a frequência dos períodos de retorno para a mesma área e aumentar a resolução espectral. A identificação das áreas irrigadas por pivôs centrais usando imagens de satélites tem sido feita por interpretação visual ou pelo uso de algoritmos de classificação automática. Tem sido crescente o uso de inteligência artificial para a identificação das áreas irrigadas, mas os resultados ainda não atingiram os níveis de precisão esperados para esses levantamentos. Ferreira et al. (2011), trabalhando com técnicas de segmentação em classificação supervisionada, concluíram ser necessária

a inclusão da classificação visual na identificação de apenas nove pivôs centrais de forma regular instalados no município de Formiga, Minas Gerais. Araújo et al. (2015) usaram o algoritmo baseado na TCH (Transformada Circular de Hough) implementado no MATLAB para a identificação de pivôs centrais na região de Cristalina-GO. Essa técnica somente conseguiu identificar 60% dos equipamentos de irrigação mapeados visualmente além de inserir erros determinados pela classificação errônea. Maranhã (2018) usou a classificação orientada a objeto (GEOBIA) incorporada no software *eCognition*, em que os pixels são agrupados e posteriormente reconhecidos como objetos para a identificação de pivôs centrais no município de Guafrã-SP, usando imagens com resolução espacial de 30 metros do satélite Landsat 8. Os resultados indicaram a incapacidade de identificação de pivôs centrais com áreas irrigadas inferiores a 10 hectares para a resolução espacial de 30 metros, erros na classificação de pivôs facilmente identificados visualmente e dificuldades de identificação de equipamentos que não apresentam a forma circular típica. Ganhos significativos têm sido obtidos com o uso de inteligência artificial, especialmente com o uso das Redes Neurais Convolucionais (CNN do inglês Convolutional Neural network). Benbahria et al. (2021) usaram o treinamento de uma rede neural convolucional do tipo U-Net em imagens de satélite Landsat 8 para classificação do uso e ocupação dos solos no Noroeste de Marrocos. De acordo com os autores, os resultados são superiores aos obtidos pela classificação usando árvore de decisão do algoritmo *Random Forest*, e eles concluíram que existe enorme influência da época de coleta das imagens sobre a precisão das classificações em relação às áreas irrigadas. Albuquerque et al. (2020) compararam diferentes algoritmos do tipo CNN para a identificação de pivôs centrais nas regiões do Oeste Baiano, polos de irrigação no Distrito Federal, em Goiás (Cristalina e Luziânia) e em Minas Gerais (Paracatu e Unaí) e no Mato Grosso (Primavera do Leste) e evidenciaram a viabilidade dessa metodologia para aplicação em grandes áreas e a ligeira superioridade do algoritmo U-Net. No entanto, a época de amostragem (passagem do satélite) também interfere na precisão dos resultados, sendo os piores resultados obtidos no período de estiagem, exatamente a época de menor interferência da nebulosidade. Possivelmente, essa interferência está relacionada com a maior incidência de pivôs inativos. Saraiva et al. (2020) usaram procedimentos similares (CNN U-Net) para a identificação das áreas irrigadas por pivôs centrais nas áreas

correspondentes à Carta ao Milionésimo 1:250.000 SD-23-Y-C de Brasília e SD-22-Z-C Itaberaí-GO, usando a plataforma Google Earth Engine para a obtenção dos mosaicos livres de nebulosidade usando imagens PlanetScope com 3,7 m de resolução e Landsat 8 com resolução espacial de 30 metros. Posteriormente, o treinamento da rede neural convolucional foi aplicado no Oeste Baiano para validação dos resultados em áreas externas. Os resultados indicaram subestimativas superiores a 10% na determinação das áreas irrigadas, tanto na Carta de Brasília quanto em Itaberaí. O tamanho das áreas irrigadas não afetou a identificação dos pivôs via CNN U-Net. Deve-se ressaltar que todos os estudos sobre a classificação automática das áreas irrigadas foram desenvolvidos em áreas planas, pivôs centrais com grandes dimensões e forma com tendência circular, polos de irrigação e facilidade de obtenção de imagens de baixos índices de nebulosidade.

O estado da arte acerca dos estudos sobre a identificação de áreas irrigadas por pivôs centrais indica uma tendência evolutiva embasada em algoritmos mais eficientes de classificação, aumento da capacidade computacional e uso de imagens de satélite com melhor resolução espacial e aumento das bandas espectrais. A precisão dos resultados tem sido feita em comparação com levantamentos feitos por interpretação visual. A estrutura fundiária afeta o tamanho e a forma das áreas irrigadas por pivôs centrais. De acordo com Guimarães et al. (2019), a forma irregular das áreas irrigadas por pivôs centrais em São Paulo seria reduzida em 10% da área irrigável caso os equipamentos tivessem a forma circular. Situação semelhante ocorre no Rio Grande do Sul. Na região de Irecê-BA, os pivôs centrais irrigam áreas inferiores a 5 hectares. A mudança de localização dos equipamentos deixa marcas características no solo por elevado período de tempo. Pivôs rebocáveis, usados principalmente na irrigação da cana-de-açúcar, são de difícil localização no campo. Sistemas de pastejo rotacionado com o uso de cercas elétricas podem estar associados ou não à irrigação por pivôs centrais. A superposição de áreas irrigadas por pivôs adjacentes interfere na forma da área irrigada. Áreas circulares nem sempre indicam a presença de pivôs centrais. Diante desse cenário, o presente trabalho tem o objetivo de atualizar o mapeamento da área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados no País, considerando metodologia que permite a identificação mais precisa dos equipamentos instalados que a utilizada em levantamentos anteriores. Representa uma contribuição para o atendimento do Objetivo

de Desenvolvimento Sustentável - ODS 6 da Agenda 2030 proposta pela Organização das Nações Unidas – ONU (Nações Unidas no Brasil, 2020): “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos”, apresentando subsídios para implementar de uma gestão integrada dos recursos hídricos, bem como proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, conforme fundamentado pela Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (Brasil, 1997). O georreferenciamento das áreas ocupadas pelos pivôs centrais oferece uma importante ferramenta de gerenciamento dos recursos hídricos do Brasil.

Material e Métodos

O levantamento das áreas irrigadas por pivôs centrais teve como base a identificação visual em imagens de satélite inseridas na plataforma *Google Earth Pro*, apresentando vantagens comparativas em relação a outros métodos de levantamento, tais como:

- A conversão das imagens de satélite para o formato *kmz* (*Keyhole Markup Language*) reduz substancialmente o tamanho dos arquivos gerados, permitindo gerenciar grandes áreas com baixos recursos computacionais.
- Maior detalhamento dos objetos-alvo em função das imagens atualizadas na maior parte do País e da alta resolução das imagens do *Google Earth*.
- Uso das funções de adição de marcadores de pontos, polígonos e círculos para a identificação e delimitação das áreas irrigadas de modo eficiente.
- Percepção de detalhes para a tomada de decisões usando o senso crítico: braço do pivô, ponto de tomada de água, cobertura vegetal ou marcas das rodas no solo.
- Eliminação dos erros de identificação de bordas requeridos pelos métodos que utilizam a classificação automática.

Essa metodologia foi adotada nos levantamentos nacionais da agricultura irrigada por pivôs centrais, realizados entre 1985 e 2017 (Guimarães; Landau, 2011; 2014; Landau et al., 2015, 2016), e os resultados são compatíveis com os levantamentos do Censo Agropecuário do IBGE e estatísticas da Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação (CSEI) da ABIMAQ. A metodologia

também foi utilizada no georreferenciamento de 1,3 milhão de hectares irrigados de arroz (Agência Nacional de Águas, 2020b).

Neste trabalho, porém, foram consideradas imagens de satélite com resolução espacial maior do que nos levantamentos anteriores. Inicialmente, foram geradas imagens do satélite *Sentinel 2*, a partir de *script* utilizando a interface *Google Earth Engine* (GEE), usando a coleção COPERNICUS/S2_SR para a obtenção de mosaicos das 556 áreas correspondentes às Cartas do Brasil ao Milionésimo 1:250.000 (1° de latitude e 1° e 30' de longitude) do Sistema Cartográfico Nacional, com baixos índices de nebulosidade. A conversão para o formato KMZ permitiu a redução do tamanho dos arquivos originais (TIF) em cerca de 20 vezes, mantendo a resolução de 10 metros/pixel. Adotou-se a composição colorida (RGB) e o Índice PSSR - *Pigment-Specific Simple Ratio* (Blackburn, 1988). Para as Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, os mosaicos foram gerados a partir de imagens obtidas entre maio e setembro de 2020. Para as Regiões Norte e Nordeste, em função da maior nebulosidade, foram consideradas imagens obtidas entre janeiro e setembro de 2020. Áreas litorâneas do Nordeste e do Amapá apresentaram áreas com alta nebulosidade e foram mapeadas com o auxílio de imagens de 2019 e das mais recentes disponíveis no *Google Earth*. A Figura 3 ilustra a imagem de um pivô central visualizado pela composição RGB e pelo índice PSSR, ressaltando a identificação do braço do equipamento e as marcas das rodas do pivô na superfície irrigada.

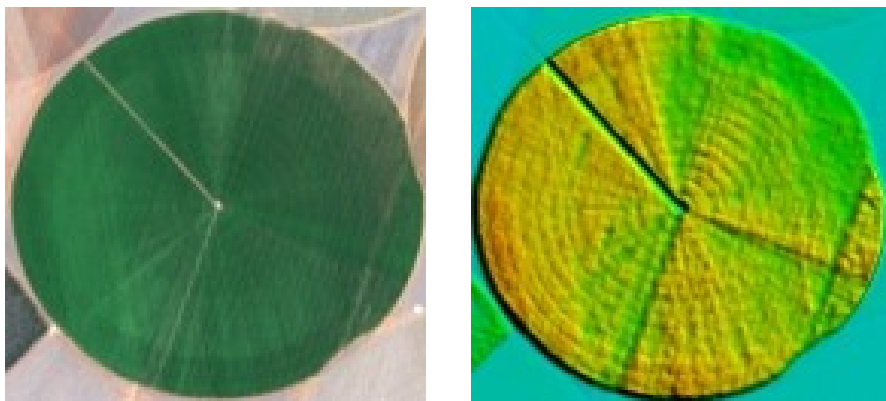


Figura 3. Visualização de um pivô central em imagens RGB e Índice Espectral PSSR.

Também foram consideradas imagens do satélite CBERS 4A, selecionadas de acordo com o menor índice de nebulosidade e data de passagem entre março e setembro de 2020, que tiveram seus usos direcionados para as áreas com incidência de pivôs de pequenas dimensões (Irecê-BA) e locais onde as imagens do *Google Earth* estavam desatualizadas. Para tal, a composição colorida incluiu a substituição da Banda 2 (Green) pela Banda PAN, proporcionando a resolução espacial de 2 metros, conforme apresentado na Figura 4.

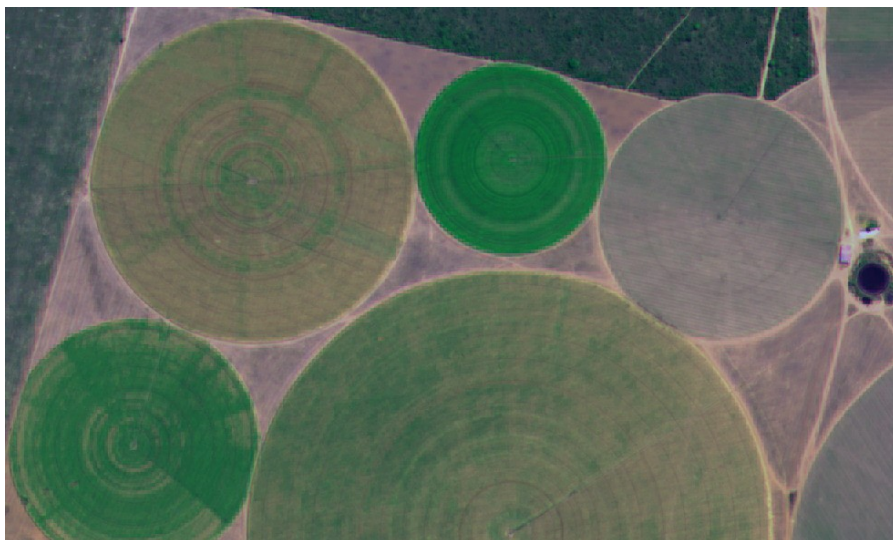


Figura 4. Pivôs centrais de diferentes tamanhos e *status* de uso visualizados em imagem CBERS 4A com resolução espacial de 2 metros.

A combinação das imagens Sentinel 2 e CBERS 4A permitiu a identificação de novas áreas irrigadas e também a supressão de áreas consideradas em levantamentos anteriores, mesmo apresentando a configuração circular típica das áreas irrigadas por pivôs centrais em razão da ocorrência de vegetação arbustiva na área irrigada, não percepção do braço do pivô ou ponto de captação de água, inexistência de marcas das rodas sobre o terreno.

Após a digitalização das áreas irrigadas pelos pivôs centrais instalados, os arquivos gerados no formato *kmz* foram convertidos para o formato *shapefile*, possibilitando a reprojeção cartográfica do arquivo resultante, e o cálculo da área ocupada por cada pivô central, com o uso do software livre QGIS v.3.10.7 (Open Source Geospatial Foundation, 2019). A base foi

gerada no *Datum* WGS84. Para o cálculo das áreas, o arquivo digitalizado foi reprojetado para o *Datum* SAD69 (South American 1969) e a projeção cartográfica Cônica Equivalente de Albers (*Albers Equal Conic*) considerando o Meridiano Central -54; Paralelo Padrão 1: -2; Paralelo Padrão 2: -22 e Latitude de Origem: -12, com unidade das coordenadas geográficas em metros. A partir da sobreposição espacial dos mapas com a delimitação dos pivôs com o mapa de bacias/ ottobacias hidrográficas elaborado pela Agência Nacional de Águas (2012) e com a malha municipal digital de 2019, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020a), foram identificados a Unidade da Federação/Estado, o município e a bacia hidrográfica de localização de cada área mapeada. Para pivôs centrais situados parcialmente em diferentes municípios ou bacias hidrográficas foram considerados o município ou bacia hidrográfica em que se localizava a maior parte da área irrigada pelo equipamento instalado.

Foram geradas estatísticas por Unidade da Federação, município e sub-bacia/ ottobacia hidrográfica (sub-bacia hidrográfica brasileira nos níveis 1 a 3, de acordo com o Sistema de Otto Pfaffstetter (Galvão; Meneses, 2005). Para cada um foram contabilizados: a frequência de equipamentos de pivôs centrais instalados, a área absoluta potencialmente irrigada pelos equipamentos instalados, a densidade média de pivôs centrais por 10.000 km², a área relativa ocupada por pivôs centrais, o tamanho médio e desvio padrão das áreas potencialmente irrigadas pelos equipamentos instalados, o coeficiente de variação dessas áreas irrigadas, a extensão média estimada do braço do pivô considerando pivôs circulares (raio do círculo), e informados o menor e o maior tamanhos de áreas irrigadas por pivôs centrais. Os resultados referentes a 2020 foram comparados com os relativos a 2017 (Agência Nacional de Águas, 2020a), levantamento anterior mais recente disponível. Os resultados foram apresentados na forma de tabelas, gráficos e/ou mapas temáticos, organizados em três tópicos: o primeiro considerando estatísticas por delimitações políticas do País; o segundo, estatísticas por bacia hidrográfica (níveis 1 a 3); e o terceiro, considerando a evolução geográfica recente da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil.

Resultados e Discussão

Dados nacionais, por Unidade da Federação e por município

No Brasil, foram registrados 25.292 equipamentos de pivôs centrais de irrigação instalados, representando uma área potencialmente irrigada de 1.612.617,3 ha em 2020 (Tabela 2). Em média, isto representa uma densidade média nacional de 29,72 pivôs centrais instalados por 10.000 km², e uma área relativa de 0,1895% do território nacional potencialmente irrigada por pivôs centrais. As áreas irrigadas pelos pivôs centrais levantados variaram entre 0,5 e 532,9 ha; representando equipamentos com extensões do braço variando entre 39,9 m e 1.302,4 m. O tamanho médio e o desvio padrão das áreas irrigadas pelos equipamentos registrados no País foram de 63,76 ± 43,67 ha, com um coeficiente nacional de variação do tamanho das áreas irrigadas de 68,49%, e extensão média do braço dos pivôs estimada em 450,5 m.

Foram identificados pivôs centrais instalados em 23¹ das 27 Unidades da Federação do País (não foram observados equipamentos de pivôs centrais nos Estados do Acre, Amazonas, Amapá, nem Rio de Janeiro). Minas Gerais foi o Estado que apresentou maior número de equipamentos instalados (8.541) e área (501.183,6 ha) com irrigação potencial por pivôs centrais em 2020 (Figura 5, Tabela 2). Em termos de número de equipamentos, também apresentaram mais do que 1.000 equipamentos instalados os Estados de São Paulo (4.734), Goiás (4.207), Bahia (3.099), Rio Grande do Sul (1.813) e Mato Grosso (1.117). Quanto à área irrigada, além de Minas Gerais, também apresentaram mais do que 10.000 ha potencialmente irrigados por pivôs centrais os Estados de Goiás (289.910,9), Bahia (236.491,4), São Paulo (21.3137,0), Mato Grosso (13.8043,0) e Rio Grande do Sul (11.8718,6).

Em termos de densidade média e área relativa por Unidade da Federação ocupada por pivôs centrais, destacaram-se o Distrito Federal e os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, por terem sido os que apresentaram, em média, mais do que 100 equipamentos de pivôs centrais instalados por

1A base de dados gerada em formato vetorial (shapefile) pode ser acessada através da Plataforma GeoInfo/Embrapa. Os links por Unidade da Federação estão disponíveis no Anexo 1, página 63.

10.000 km² e também acima de 0,5% de suas áreas ocupadas por pivôs centrais (Figura 6, Tabela 2).

Em relação ao tamanho médio das áreas potencialmente irrigadas pelos pivôs centrais instalados (Tabela 2), considerando que a maioria das áreas irrigadas apresente formato circular, sete Estados apresentaram pivôs centrais com extensão média do braço dos equipamentos instalados estimada em 500 m ou maior (ou seja, áreas a partir de 78,54 ha irrigados). São eles: Rondônia (131,26 ha, braço médio com 646,4 m); Mato Grosso (123,58 ha, braço médio com 627,2 m), Roraima (105,99 ha, braço médio com 580,9 m), Pará (99,38 ha, braço médio com 562,4 m), Mato Grosso do Sul (94,82 ha, braço médio com 549,1 m), Tocantins (91,30 ha, braço médio com 539,1 m) e Maranhão (78,54 ha, braço médio com 500,0 m). Ainda outros três Estados apresentaram tamanho médio da área irrigada por pivôs centrais acima da média nacional, quais sejam: Bahia (76,31 ha, braço médio com 492,9 m), Goiás (68,91 ha, braço médio com 468,4 m) e Rio Grande do Sul (65,48 ha, braço médio com 456,5 m). Por outro lado, cinco Estados apresentaram predominância de pivôs centrais relativamente pequenos, com área média potencialmente irrigada por pivô central inferior a 400 ha: Sergipe (48,20 ha, braço médio com 391,7 m), Espírito Santo (46,72 ha, braço médio com 385,6 m), São Paulo (45,02 ha, braço médio com 378,6 m), Paraíba (43,31 ha, braço médio com 371,3 m) e Alagoas (35,53 ha, braço médio com 336,3 m). O tamanho dos pivôs pode indicar maior nível tecnológico, embora características como variação do relevo, tamanho médio das propriedades rurais, custo da energia elétrica local, disponibilidade de água outorgada e outras, também contribuam para limitar o tamanho dos equipamentos instalados ou da área irrigada em cada local.

Apesar disso, alguns Estados apresentaram variações consideráveis em termos de tamanho das áreas irrigadas por pivô central (Tabela 2). Em sete Estados foi registrado coeficiente de variação do tamanho das áreas irrigadas acima de 60%, quais sejam: São Paulo (74,84%), Tocantins (73,79%), Bahia (72,20%), Sergipe (71,30%), Minas Gerais (65,50%), Alagoas (62,68%) e Paraná (62,60%). Em termos absolutos, o menor pivô foi observado no Estado de São Paulo (0,5 ha); e o maior, no Estado do Tocantins (532 ha). Entre os Estados com pelo menos 200 pivôs centrais levantados, aqueles que apresentaram maior homogeneidade em termos de tamanho das áreas irrigadas pelos equipamentos instalados foram Mato Grosso do Sul (239

pivôs, coeficiente de variação de tamanho de 35,96%) e Mato Grosso (1.117 pivôs, coeficiente de variação de tamanho de 37,42%).

Entre os vinte municípios com maior área potencialmente irrigada pelos equipamentos de pivôs centrais instalados há cinco situados no Estado de Minas Gerais (Paracatu, Unaí, Rio Paranaíba, João Pinheiro, Perdizes), dois em Goiás (Cristalina, Jussara), seis na Bahia (São Desidério, Barreiras, Mucugê, Jaborandi, Luís Eduardo Magalhães, Riachão das Neves), dois no Mato Grosso (Primavera do Leste, Sorriso), quatro em São Paulo (Itaú, Guaíra, Paranapanema, Casa Branca) e o Distrito Federal (Brasília) (Tabela 3, Figuras 7 e 8). Os três municípios com maior área potencialmente irrigada pelos equipamentos instalados também foram os que apresentaram maior frequência de equipamentos instalados: Paracatu-MG (1.178 equipamentos, área irrigada de 72.726,1 ha), Unaí-MG (890 equipamentos, área irrigada de 71.573,2 ha) e Cristalina-GO (815 equipamentos, área irrigada de 62.354,5 ha). Considerando os vinte municípios com maior área absoluta potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados, observa-se que o tamanho médio das áreas irrigadas variou entre 39,1 e 189,2 ha, sendo que aproximadamente a metade (11 municípios) apresentou variação considerável em termos de tamanhos das áreas irrigadas por pivô (coeficiente de variação maior que 50%), e três municípios apresentaram padrão relativamente homogêneo em termos de variação do tamanho das áreas irrigadas pelos pivôs instalados no município, quais sejam: Barreiras-BA, São Desidério-BA e Primavera do Leste-MT (respectivamente, com coeficientes de variação de 23,7%, 28,1% e 28,8%).

Em relação à densidade média de pivôs centrais instalados e de área relativa municipal potencialmente irrigada verifica-se grande concentração principalmente em municípios dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Dez municípios apresentaram densidade média acima de 4.000 equipamentos instalados por 10.000 km², quase todos situados no Estado de São Paulo: Itobi-SP (5.962,02 pivôs/10.000km²), Taquarituba-SP (3.991,71 pivôs/10.000km²), Casa Branca-SP (3.783,93 pivôs/10.000km²), São José do Rio Pardo-SP (3.721,50 pivôs/10.000km²), Itaí-SP (3.583,36 pivôs/10.000km²), Monte Alto-SP (3.520,92 pivôs/10.000km²), Guaíra-SP (3.083,09 pivôs/10.000km²), Capim-PB (3.070,37 pivôs/10.000km²), Paranapanema-SP (3.062,65 pivôs/10.000km²) e Vargem Grande do Sul-SP (3.031,08 pivôs/10.000km²). Em termos de área relativa potencialmente

irrigada pelos equipamentos instalados, há 16 municípios com mais do que 10% da sua área sob pivôs centrais, sendo quatro destes com mais que 15% da sua área ocupada por pivôs centrais: Itaí-SP (17,83%), Santa Juliana-MG (15,85%), Casa Branca-SP (15,39%) e Romaria -MG (15,08%) (Tabela 4, Figuras 9 e 10).

Quanto ao tamanho médio das áreas potencialmente irrigadas pelos pivôs instalados (Figura 11), quatro municípios brasileiros apresentaram tamanho médio maior que 200 ha: Foz do Iguaçu-PR (275,1 ha), São Félix do Araguaia-MT (243,6 ha), Alto Garças-MT (205,3) e Goiatins-TO (205,1 ha). Por outro lado, no Estado da Bahia vários municípios apresentaram tamanhos médios das áreas irrigadas extremamente pequenos, onde foram observados os onze municípios brasileiros com área média potencialmente irrigada por pivô central menor que 5 ha: Presidente Dutra-BA (1,9 ha), Cafarnaum-BA (1,93 ha), Canarana-BA (2,67 ha), Lapão-BA (2,81 ha), Pindobaçu-BA (2,87 ha), Serrinha-BA (2,9 ha), Ibitité-BA (3,38 ha), América Dourada-BA (3,81 ha), Barro Alto-BA (3,95 ha), Irecê-BA (4,13 ha) e João Dourado-BA (4,58 ha).

Tabela 2. Agricultura irrigada por pivôs centrais nas Unidades da Federação do Brasil em 2020.

Região geográfica	Código da Unidade da Federação	Unidade da Federação	Frequência de pivôs centrais instalados (número)	Área total potencialmente irrigada pelos equipamentos de pivôs centrais instalados (ha)	Densidade média de pivôs centrais (pivôs/10.000 km ²)	Área relativa da UF ocupada por pivôs (%)	Tamanho médio e desvio padrão da área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados (ha)	Coefficiente de variação da área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados (%)	Extensão média estimada do braço dos equipamentos instalados (m)	Menor área irrigada por pivô central (ha)	Maior área irrigada por pivô central (ha)
Norte	11	RO	5	656,3	0,21	0,0028	131,26 ± 31,08	23,68	646,4	82,90	174,00
	14	RR	15	1.589,9	0,67	0,0071	105,99 ± 60,29	56,88	580,9	22,10	199,40
	15	PA	4	397,5	0,03	0,0003	99,38 ± 11,01	11,08	562,4	88,50	117,20
	17	TO	185	16.890,1	6,67	0,0609	91,30 ± 67,37	73,79	539,1	7,20	532,90
Nordeste	21	MA	112	8.797,0	3,40	0,0267	78,54 ± 41,73	53,14	500,0	2,60	249,20
	22	PI	44	2.753,3	1,75	0,0109	62,58 ± 35,40	56,57	446,3	2,10	149,90
	23	CE	127	6.934,2	8,53	0,0466	54,60 ± 28,78	52,71	416,9	2,40	180,60
	24	RN	59	3.279,1	11,17	0,0621	55,58 ± 31,22	56,18	420,6	6,10	123,10
	25	PB	83	3.594,9	14,70	0,0637	43,31 ± 23,06	53,24	371,3	0,50	104,80
	26	PE	20	1.088,6	2,04	0,0109	53,43 ± 26,35	49,32	412,4	15,50	99,90
	27	AL	41	1.456,9	14,73	0,0523	35,53 ± 22,27	62,68	336,3	11,20	131,20
	28	SE	12	578,4	5,47	0,0264	48,20 ± 34,37	71,30	391,7	10,10	115,40
Sudeste	29	BA	3.099	236.491,4	54,87	0,4187	76,31 ± 55,10	72,20	492,9	1,10	355,80
	31	MG	8.541	501.183,6	145,62	0,8545	58,68 ± 38,44	65,50	432,2	1,00	300,30
	32	ES	305	14.250,7	66,20	0,3093	46,72 ± 20,42	43,70	385,6	13,00	122,80
	35	SP	4.734	213.137,0	190,72	0,8587	45,02 ± 33,69	74,84	378,6	0,50	301,30
Sul	41	PR	249	14.633,3	12,49	0,0734	58,77 ± 36,79	62,60	432,5	3,60	275,10
	42	SC	11	612,0	1,15	0,0064	55,64 ± 29,83	53,61	420,8	17,90	122,50
	43	RS	1.813	118.718,6	64,36	0,4214	65,48 ± 34,67	52,95	456,5	2,30	206,30
Centro-Oeste	50	MS	239	22.661,5	6,69	0,0635	94,82 ± 34,09	35,96	549,4	8,00	191,30
	51	MT	1.117	138.043,0	12,37	0,1528	123,58 ± 46,25	37,42	627,2	7,70	247,60
	52	GO	4.207	289.910,9	123,66	0,8522	68,91 ± 39,94	57,96	468,4	1,70	419,60
	53	DF	270	14.979,1	488,69	2,6002	55,48 ± 30,68	55,31	420,2	3,90	139,10
Total			25.292	1.612.617,3	29,72	0,1895	63,76 ± 43,67	68,49	450,5	0,50	532,90

* UF's representadas pelas siglas adotadas pelo IBGE. Não foram observados pivôs centrais no AC, AM, AP nem RJ. Elaboração: original.

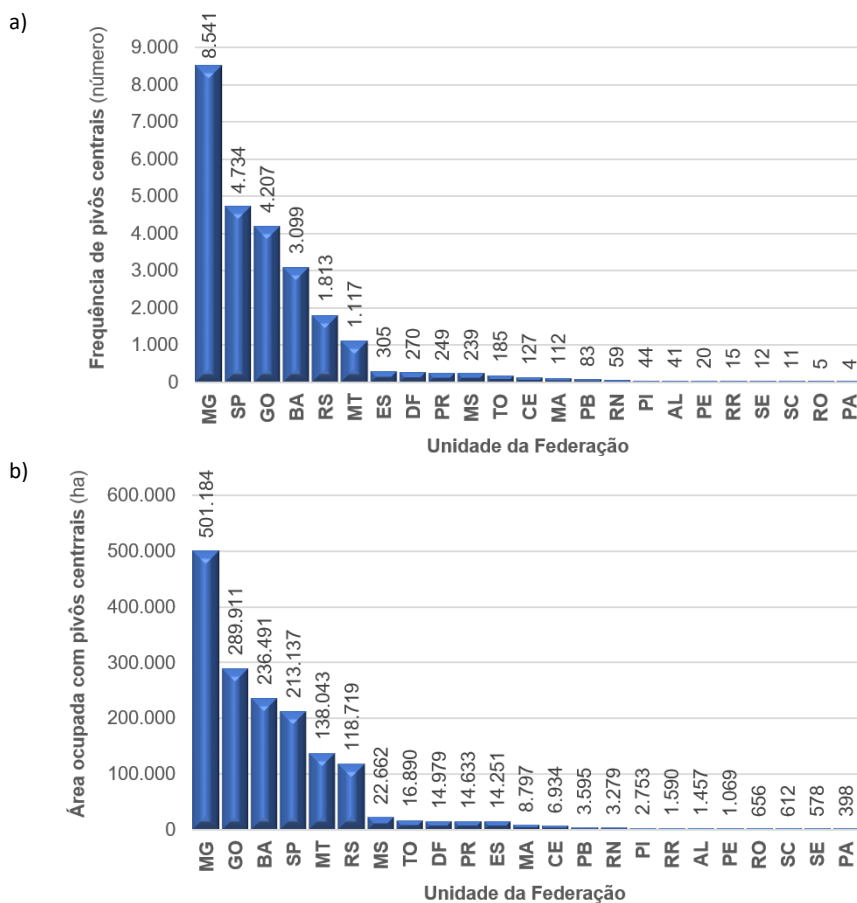


Figura 5. Frequência e área com equipamentos instalados para irrigação agrícola por pivôs centrais nas Unidades da Federação do Brasil em 2020: a) número de equipamentos instalados, b) área potencialmente irrigada pelos equipamentos instalados. Foram incluídas as Unidades da Federação em que foram identificados pivôs centrais instalados.

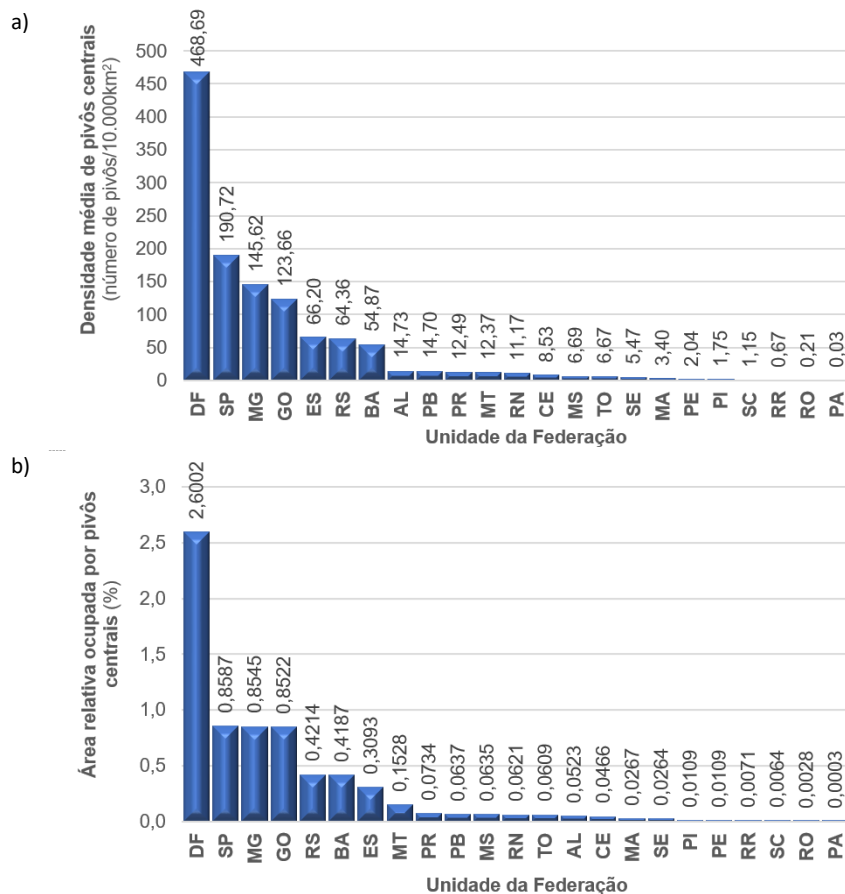


Figura 6. Densidade média e área relativa com equipamentos instalados para irrigação agrícola por pivôs centrais nas Unidades da Federação do Brasil em 2020

Tabela 3. Municípios do Brasil com maior área absoluta ocupada por pivôs centrais em 2020, em ordem decrescente de área potencialmente irrigada pelos equipamentos instalados (*).

Município	UF	Frequência de pivôs centrais instalados (número)	Área total potencialmente irrigada pelos equipamentos de pivôs centrais instalados* (ha)	Densidade média de pivôs centrais (pivôs/10.000 km ²)	Área relativa da UF ocupada por pivôs (%)	Tamanho médio e desvio padrão da área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados (ha)	Coefficiente de variação da área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados (%)	Extensão média estimada do braço dos equipamentos instalados (m)	Menor área irrigada por pivô central (ha)	Maior área irrigada por pivô central (ha)
Paracatu	MG	1.178	72.726,1	8,49	8,8372	61,7 ± 39,9	64,7	1,0	265,8	443,3
Unai	MG	890	71.573,3	22,47	8,4721	80,4 ± 43,3	53,8	2,8	273,0	505,9
Cristalina	GO	815	62.354,5	36,81	10,1162	76,5 ± 32,4	42,3	9,5	190,3	493,5
São Desidério	BA	386	41.966,4	181,35	2,7688	108,7 ± 30,6	28,1	25,0	280,1	588,3
Barreiras	BA	383	39.393,8	234,99	4,8929	102,9 ± 24,4	23,7	11,7	207,7	572,2
Mucugê	BA	433	30.702,2	92,38	12,4697	70,9 ± 29,0	41,0	10,2	111,1	475,1
Primavera do Leste	MT	219	26.665,8	776,26	4,8642	121,8 ± 42,1	34,6	12,9	232,9	622,6
Jaborandi	BA	225	25.127,0	711,11	2,5240	111,7 ± 32,1	28,8	37,2	182,0	596,2
Sorriso	MT	191	24.666,0	1.047,12	2,6388	129,1 ± 50,6	39,2	10,9	247,6	641,1
Itaú	SP	388	19.307,3	128,87	17,6664	49,8 ± 33,7	67,8	5,3	223,0	398,0
Luís Eduardo	BA	202	19.026,1	940,59	4,7140	94,2 ± 38,7	41,1	1,9	326,1	547,6
Magalhães	MG	386	16.507,0	207,25	12,2061	42,8 ± 25,9	60,6	4,8	127,8	368,9
Rio Paranaíba	BA	87	16.459,9	0,00	2,7534	189,2 ± 108,9	57,6	34,5	355,8	776,0
Neves	MG	215	16.190,5	837,21	1,5093	75,3 ± 62,8	83,4	3,8	300,3	489,6
João Pinheiro	SP	388	15.187,7	154,64	12,0684	39,1 ± 27,2	69,5	0,5	136,8	353,0
Guaíra	DF	270	14.979,1	481,48	2,6002	55,5 ± 30,7	55,3	3,9	139,1	420,2
Brasília	MG	237	14.350,9	632,91	5,8549	60,6 ± 40,7	67,3	9,1	275,8	439,0
Perdizes	GO	126	13.566,9	0,00	64,3380	107,7 ± 40,1	37,3	12,2	195,7	585,4
Jussara	SP	312	13.510,2	352,56	13,2619	43,3 ± 27,2	62,9	3,9	160,5	371,3
Parapanema	SP	327	13.303,3	305,81	15,3933	40,7 ± 28,5	70,0	5,2	142,5	359,9

UF (Unidade da Federação), representada pela sigla adotada pelo IBGE. Elaboração: original.

Tabela 4. Municípios do Brasil com maior área relativa ocupada por pivôs centrais em 2020, em ordem decrescente dessa variável.

Município	UF	Frequência de pivôs centrais instalados (número)	Área total potencialmente irrigada pelos equipamentos de pivôs centrais instalados (ha)	Densidade média de pivôs centrais (pivôs/10.000 km ²)	Área relativa da UF ocupada por pivôs (%)	Tamanho médio e desvio padrão da área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados (ha)	Coefficiente de variação da área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados (%)	Extensão média do braço dos equipamentos instalados (m)	Menor área irrigada por pivô central (ha)	Maior área irrigada por pivô central (ha)
Itaí	SP	388	19.307	3.583,36	17,8309	49,8 ± 33,7	67,8	398,0	5,3	223,0
Santa Juliana	MG	170	11.472	2.348,77	15,8500	67,5 ± 39,4	58,4	463,5	9,9	236,7
Casa Branca	SP	327	13.303	3.783,93	15,3938	40,7 ± 28,5	70,1	359,9	5,2	142,5
Romaria	MG	77	6.148	1.889,31	15,0850	79,8 ± 38,3	48,0	504,1	15,6	207,1
Taquarituba	SP	179	5.977	3.991,71	13,3287	33,4 ± 23,8	71,2	326,0	3,0	148,7
Paranapanema	SP	312	13.510	3.062,65	13,2617	43,3 ± 27,2	62,9	371,3	3,9	160,5
Ibicoara	BA	191	11.039	2.247,50	12,9886	57,8 ± 27,7	47,8	428,9	4,7	108,8
Mucugê	BA	433	30.702	1.763,73	12,5058	70,9 ± 29,0	41,0	475,1	10,2	111,1
Taquarivaí	SP	58	2.868	2.502,24	12,3731	49,4 ± 26,7	54,1	396,7	18,8	139,8
Rio Paranaíba	MG	386	16.507	2.854,29	12,2051	42,8 ± 25,9	60,6	368,9	4,8	127,8
Guaraí	SP	388	15.188	3.083,09	12,0686	39,1 ± 27,2	69,5	353,0	0,5	136,8
Planura	MG	56	3.797	1.763,67	11,9583	67,8 ± 33,0	48,7	464,6	21,9	152,1
Coronel Macedo	SP	52	3.607	1.710,91	11,8678	69,4 ± 42,1	60,7	469,9	13,6	233,0
Ibobi	SP	83	1.621	5.962,02	11,6439	19,5 ± 17,2	88,0	249,3	1,8	89,0
Santo Augusto	RS	78	4.754	1.666,29	10,1558	60,9 ± 31,4	51,4	440,5	10,4	145,2
Cristalina	GO	815	62.355	1.322,60	10,1191	76,5 ± 32,4	42,3	493,5	9,5	190,3
Bernardino de Campos	SP	40	2.219	1.638,01	9,0869	55,5 ± 28,7	51,6	420,2	15,0	146,3
Vargem Grande do Sul	SP	81	2.419	3.031,08	9,0521	29,9 ± 21,5	71,9	308,3	2,4	107,6
Capim	PB	24	704	3.070,37	9,0064	29,3 ± 16,7	56,8	305,5	0,5	61,2
Miguelópolis	SP	163	7.300	1.983,14	8,8816	44,8 ± 29,3	65,5	377,6	4,7	154,9

UF (Unidade da Federação), representada pela sigla adotada pelo IBGE. Elaboração: original.

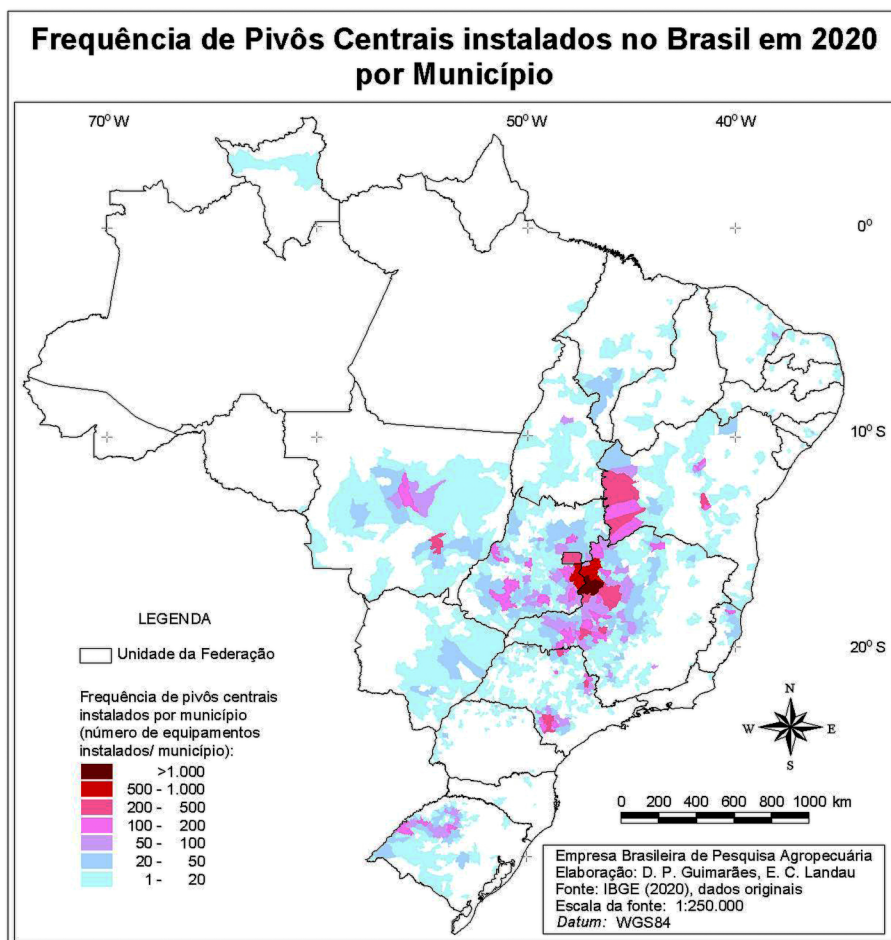


Figura 7. Variação geográfica da frequência de equipamentos de irrigação por pivôs centrais registrados por município do Brasil em 2020.

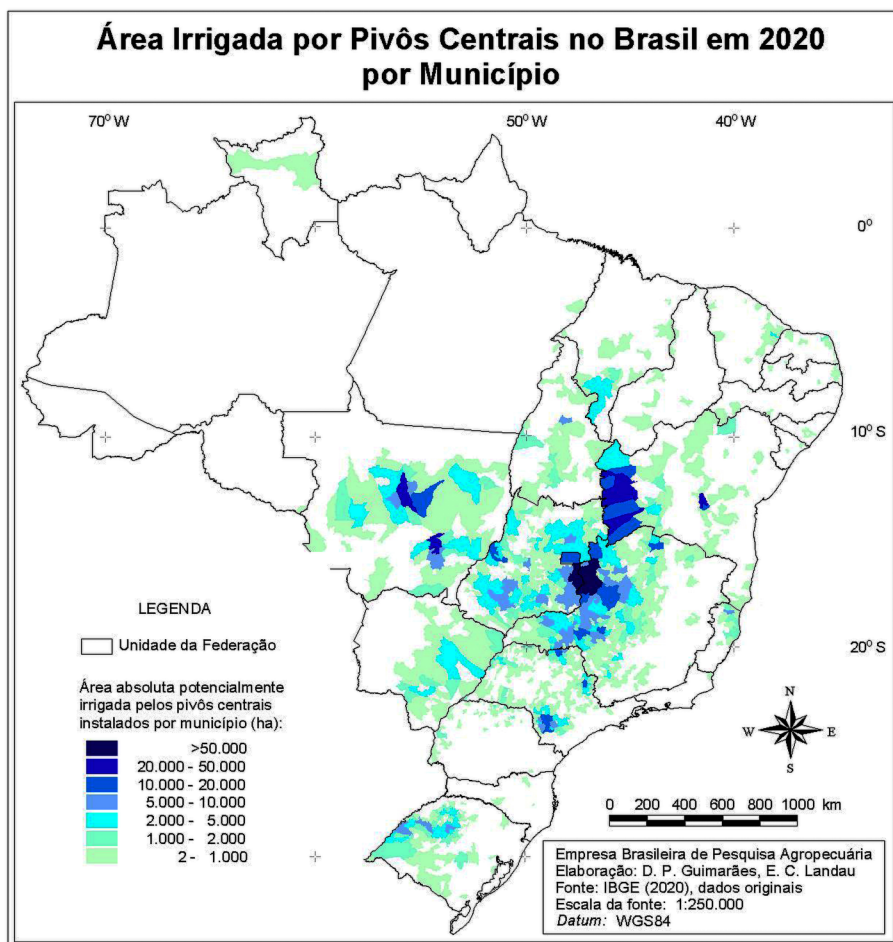


Figura 8. Variação geográfica da área potencialmente irrigada por pivôs centrais registrados nos municípios do Brasil em 2020.

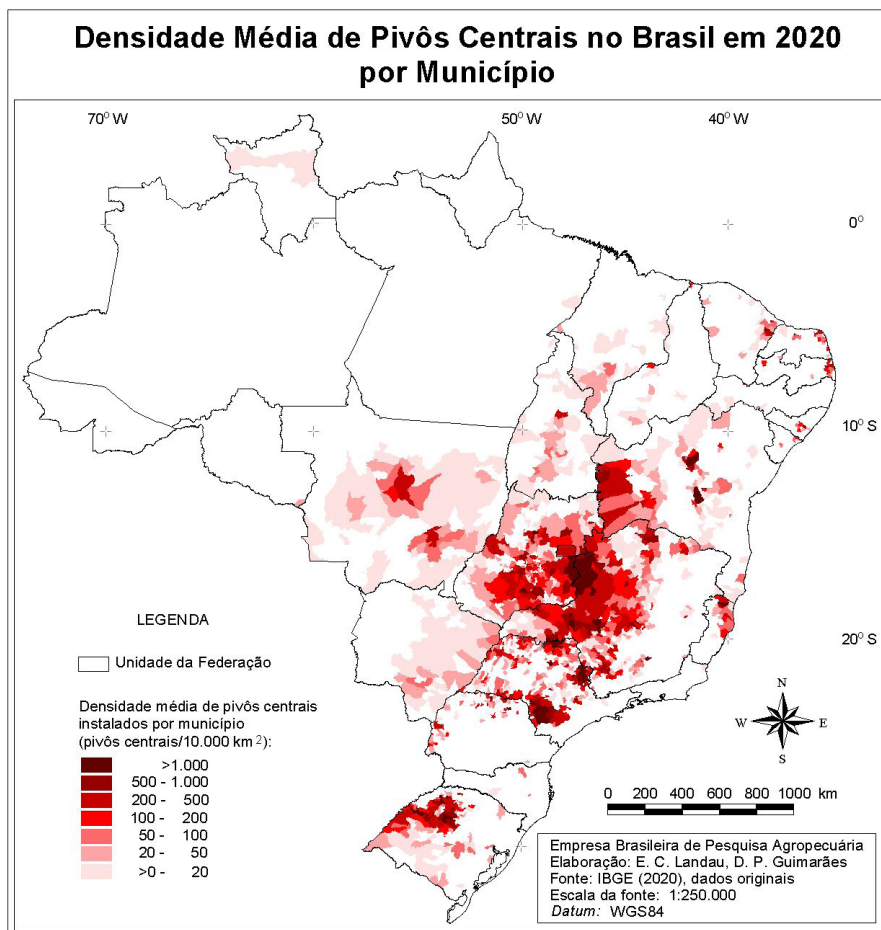


Figura 9. Variação geográfica da densidade média de equipamentos de pivôs centrais instalados por município do Brasil em 2020.

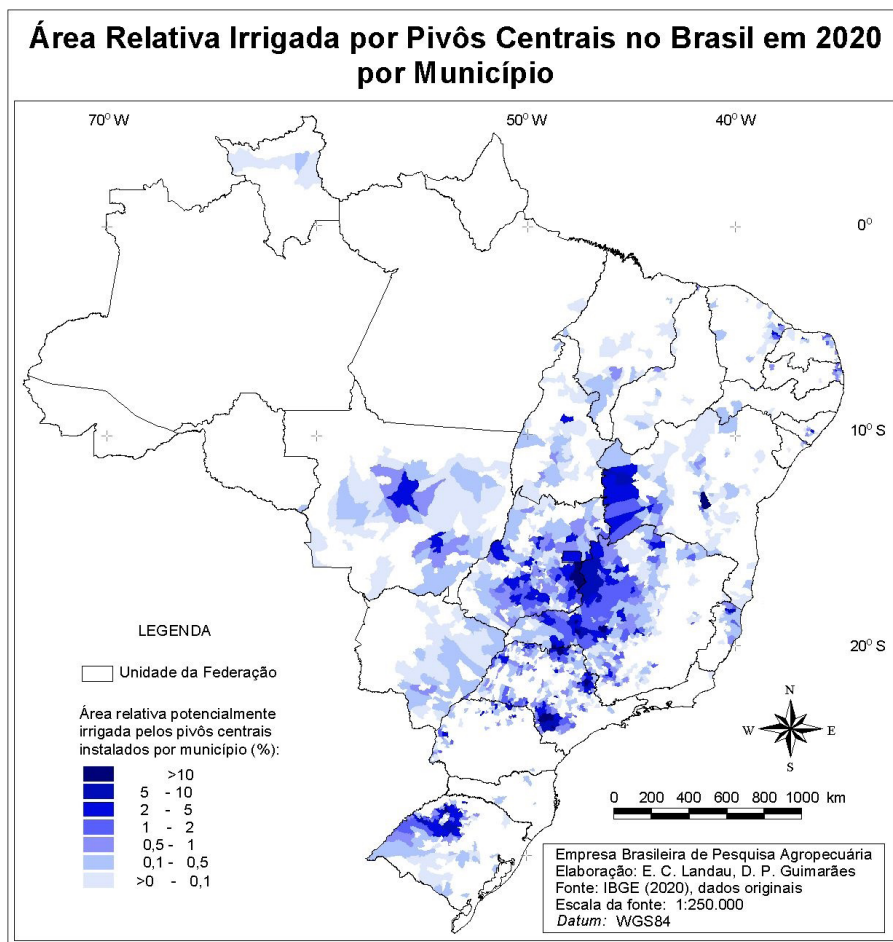


Figura 10. Variação geográfica da área relativa dos municípios do Brasil potencialmente irrigada por pivôs centrais em 2020.

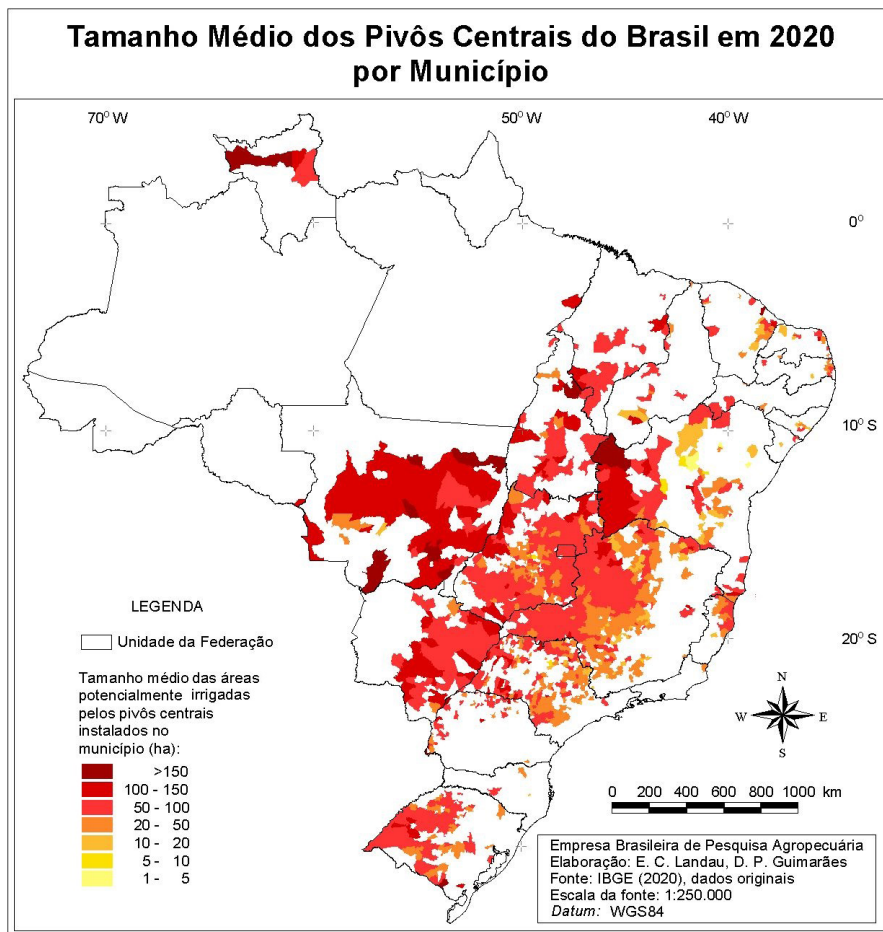


Figura 11. Tamanho médio por município do Brasil das áreas potencialmente irrigadas pelos pivôs centrais instalados em 2020.

Dados por Sub-Bacia/ Ottobacia Hidrográfica

As regiões hidrográficas (RHs) (*Ottobacias nível 1*) com as maiores frequências de pivôs centrais e áreas absolutas potencialmente irrigadas pelos equipamentos instalados foram as RHs do Paraná (12.068 pivôs, 666.815,2 ha irrigados), São Francisco (7.213 pivôs, 485.839,3 ha irrigados), Tocantins-Araguaia (1.813 pivôs, 153.610,8 ha irrigados) e Uruguai (1.393 pivôs, 92.115,2 ha irrigados). Duas apresentaram densidade média de equipamentos de pivôs centrais acima de 100 pivôs/ 10.000 km²; as RHs do Paraná e do São Francisco (respectivamente, com densidades médias de 137,5 e 113,4 pivôs centrais por 10.000 km²). Em termos de área relativa potencialmente irrigada pelos pivôs instalados, as que se destacaram foram as Regiões Hidrográficas do São Francisco, Paraná e Uruguai, ocupando, respectivamente, 0,7638%, 0,7597% e 0,5277% da área correspondente a cada bacia. Duas Regiões hidrográficas apresentaram área média irrigada pelos equipamentos instalados maior que 100 ha: a RH Amazônica, com equipamentos instalados com área média irrigada pivôs centrais ($124,1 \pm 48,0$ ha, representando tamanho médio do braço dos pivôs de 628,4 m) e a RH do Paraguai ($113,1 \pm 44,1$ ha, representando tamanho médio do braço dos pivôs de 599,9 m). Essas também foram as Regiões Hidrográficas com menor variação média do tamanho das áreas irrigadas, sendo as únicas com coeficiente de variação inferior a 40% (respectivamente, 38,7% e 39,0%).

Em termos de bacias hidrográficas (*Ottobacias nível 2*), oito apresentaram acima de mil pivôs centrais instalados: as do Médio Rio São Francisco/RH do São Francisco (6.068 equipamentos), Alto Rio Paranaíba/RH do Paraná (4.554), Rio Grande /RH do Paraná (2.942), Rio Paranapanema/RH do Paraná (2.384), Baixo Rio Paranaíba/RH do Paraná (1.544), Rio Uruguai Internacional/RH do Uruguai (1.287), do Alto Rio São Francisco/RH do São Francisco (1.077) e do Rio Tocantins (RH do Tocantins-Araguaia) (Tabela 5, Figura 12). Considerando os equipamentos instalados, cinco bacias apresentaram uma área potencialmente irrigada por pivôs centrais acima de 100.000 ha, a do Médio Rio São Francisco/RH do São Francisco (433.206,9 ha) e as outras quatro situadas na RH do Paraná: a do Alto Rio Paranaíba (282.613,90 ha), Rio Paranapanema (120.933,60 ha), Rio Grande (114.676,9 ha) e Baixo Rio Paranaíba (101.715,2 ha) (Tabela 5, Figura 13). Em relação à densidade média de pivôs centrais instalados, em termos de densidade média

de pivôs centrais instalados, três bacias da RH do Paraná apresentaram densidades acima de 200 pivôs/10.000 km²: as do Alto Rio Paranaíba (481,28 pivôs/10.000 km²), Rio Paranapanema (224,63 pivôs centrais/10.000 km²) e a do Rio Grande (205,40 pivôs/10.000 km²) (Tabela 5, Figura 14). Já em termos de área relativa potencialmente irrigada por pivôs centrais, três bacias apresentaram mais do que 1% da área ocupada por área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados: a do Alto Rio Paranaíba/RH do Paraná (2,97%), a do Rio Paranapanema/RH do Paraná (1,14%) e a do Médio Rio São Francisco/RH do São Francisco (1,08%) (Tabela 5, Figura 15).

As Figuras 16 a 23 apresentam as estatísticas por sub-bacias hidrográficas. Em termos de sub-bacias hidrográficas (*Ottobacias nível 3*), cinco apresentaram mais do que mil pivôs centrais instalados: Paracatu 02/São Francisco Médio/RH São Francisco (2.388 equipamentos), Paranapanema 05/Paranapanema/RH do Paraná (1.978 equipamentos), Paranaíba 02/Paranaíba Alto/RH do Paraná (1.504 equipamentos), São Marcos 01/Paranaíba Alto/RH do Paraná (1.386 equipamentos) e Grande São Francisco 01/São Francisco Médio/RH do São Francisco (1.078 equipamentos) (Figuras 16 e 20). Em termos de área potencialmente irrigada pelos equipamentos instalados, três sub-bacias apresentaram área maior que 100.000 ha: Paracatu (147.830,4 ha), Grande São Francisco 01/São Francisco Médio/ RH do São Francisco (120.001,1 ha) e São Marcos 01/ Paranaíba Alto/ RH do Paraná (108.544,1 ha) (Figuras 17 e 21). Em relação à densidade média de pivôs centrais instalados, 22 sub-bacias apresentaram densidades acima de 200 pivôs/10.000 km²; entre estas, oito acima de 500 pivôs/10.000 km²: Paracatu 01/São Francisco Médio/RH do São Francisco (1.293,67 pivôs/10.000 km²), São Marcos 01/Paranaíba Alto/RH do Paraná (1.154,95 pivôs/10.000 km²), Paraná 05/Paranapanema/RH do Paraná (873,2 pivôs/10.000 km²), Grande 03/Grande/RH do Paraná (723,2 pivôs/10.000 km²), Paranaíba 02/Paranaíba Alto/RH do Paraná (697,37 pivôs/10.000 km²), Paracatu 02/São Francisco Médio/RH do São Francisco (553,52 pivôs/10.000 km²), Boqueirão 01/Litorânea RN/RH Atlântico Nordeste Oriental (541,89 pivôs/10.000 km²) e Uruguai Internacional 03/Uruguai Internacional/RH do Uruguai (513,86 pivôs/10.000 km²) (Figuras 18 e 22). Em termos de área relativa potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados, 29 apresentaram mais do que 1% de suas áreas potencialmente irrigadas por pivôs centrais; entre elas, seis com acima de 3% de suas áreas sob pivôs centrais, quais sejam: São Marcos 01/Paranaíba Alto/RH do Paraná

(9,04%), Paracatu 01/São Francisco Médio/RH do São Francisco (7,23%), Paraná 05/Paranapanema/Rh do Paraná (4,25%), Paranaíba 02/Paranaíba Alto/Rh do Paraná (3,75%), Paracatu 02/São Francisco Médio/Rh do São Francisco (3,43%) e Uruguai Internacional 03/Uruguai Internacional/Rh do Uruguai (3,19%) (Figuras 19 e 23).

Em relação ao tamanho médio das áreas potencialmente irrigadas pelos pivôs centrais instalados (Figura 24), entre as sub-bacias com quantidade de pivôs centrais maior que cem equipamentos instalados, seis apresentaram tamanho médio da área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais acima de 100 ha: Nascentes do Xingu/Xingu/RH Amazônica (138 ha), Alto Mortes/Araguaia/RH do Tocantins-Araguaia (123,6 ha), Arinos/Tapajós/RH Amazônica (122,5 ha), Alto Teles Pires/Tapajós/RH Amazônica (120,7 ha), Grande São Francisco 01/São Francisco Médio/RH do São Francisco (111,3 ha) e Alto Médio Araguaia/Araguaia/RH do Tocantins-Araguaia (102,9 ha). Só foi observada uma sub-bacia com mais do que cem pivôs centrais instalados e área média potencialmente irrigada menor do que 10 ha: São Francisco 07/ São Francisco Médio /RH do São Francisco (3,9 ha).

Tabela 5. Agricultura irrigada por pivôs centrais nas bacias hidrográficas do Brasil em 2020.

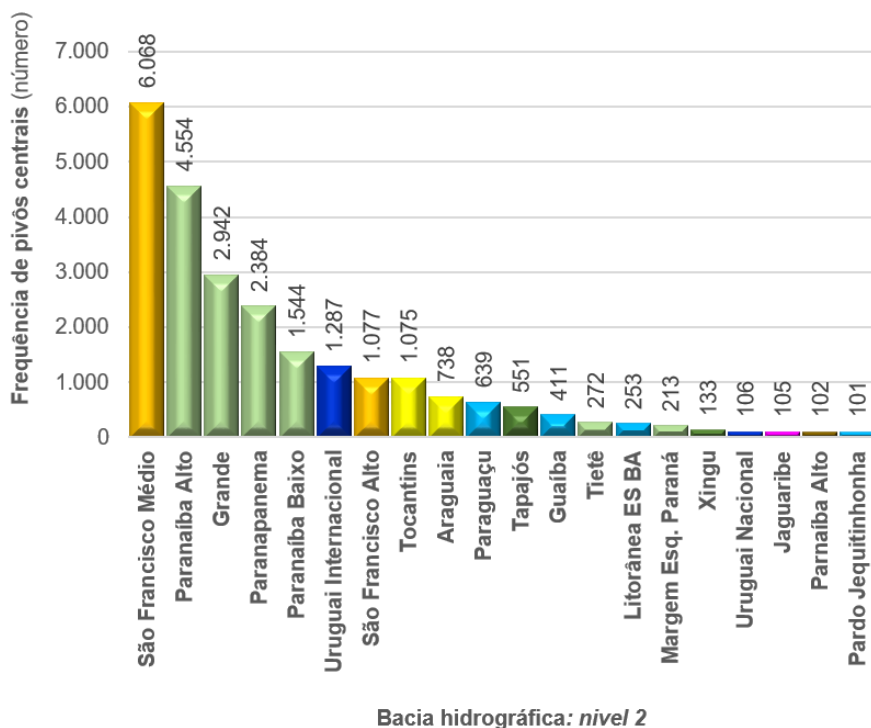
Região hidrográfica: nível 1	Bacia hidrográfica: nível 2	Frequência de pivôs centrais instalados (número)	Área total potencialmente irrigada pelos equipamentos de pivôs centrais instalados (ha)	Densidade média de pivôs centrais (pivôs/10.000 km ²)	Área relativa da otobacia ocupada por pivôs centrais (%)	Tamanho médio e desvio padrão da área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados (ha)	Coefficiente de variação da área irrigada pelos pivôs centrais instalados (%)	Extensão média estimada do braço dos equipamentos instalados (m)	Menor área irrigada por pivô central (ha)	Maior área irrigada por pivô central (ha)
A	RH Amazônia	10	1.191,5	0,18	0,0022	119,15 ± 53,10	44,56	52,8	233,8	615,8
		15	1.589,9	0,25	0,0027	105,99 ± 60,29	56,88	22,1	199,4	580,9
		551	66.840,6	11,19	0,1358	121,31 ± 47,60	39,24	10,9	243,6	621,4
		133	18.348,0	2,61	0,0360	137,95 ± 44,79	32,46	29,6	243,6	662,7
B	RH do Araguaia	738	82.414,7	19,16	0,2140	111,67 ± 42,21	37,80	7,2	232,9	596,2
		1.075	71.196,1	20,24	0,1341	66,23 ± 50,37	76,06	1,7	532,9	459,1
C	RH Atlântico Nordeste	2	205,7	0,56	0,0058	102,85 ± 14,35	13,95	88,5	117,2	572,2
		21	1.058,2	3,84	0,0193	50,39 ± 28,77	57,10	26,2	109,1	400,5
		1	86,1	0,32	0,0028	86,10 ± 0,00	13,78	60,2	86,1	523,5
		7	560,7	0,70	0,0056	80,10 ± 11,04	13,78	60,2	99,4	504,9
D	RH do Parnaíba	102	8.127,3	6,73	0,0536	79,68 ± 44,80	56,22	2,1	249,2	503,6
		10	449,3	2,33	0,0105	44,93 ± 15,62	34,77	18,0	78,6	378,2
		12	677,0	0,87	0,0049	56,42 ± 13,64	24,18	28,0	74,8	423,8
		1	19,3	0,70	0,0014	19,30 ± 0,00	19,3	19,3	19,3	247,9
E	RH Atlântico Nordeste Oriental	1	23,8	1,17	0,0028	23,80 ± 0,00	23,8	23,8	23,8	275,2
		105	5.222,3	14,19	0,0706	49,74 ± 24,05	48,35	2,4	109,1	397,9
		74	2.997,2	72,88	0,2952	40,50 ± 20,55	50,73	0,5	101,2	359,1
		34	1.123,5	14,81	0,0489	33,04 ± 14,91	45,11	11,6	53,6	324,3
		3	291,9	1,29	0,0125	97,30 ± 59,53	61,18	45,1	180,8	556,5
		7	769,1	26,34	0,2894	109,87 ± 7,91	7,20	98,8	123,8	591,4
		1	17,0	0,47	0,0008	17,00 ± 0,00	53,17	17,0	17,0	232,6
F	RH do São Francisco	41	2.513,3	21,59	0,1324	61,30 ± 32,59	50,84	6,1	123,1	441,7
		25	1.327,2	5,74	0,0305	53,09 ± 25,99	50,84	11,5	104,8	411,1
		1.077	49.109,1	107,94	0,4922	45,60 ± 33,02	72,42	1,7	179,3	381,0
		17	882,4	6,72	0,0349	51,91 ± 36,94	71,18	11,2	131,2	406,5
F	RH do São Francisco	6.068	433.206,9	151,32	1,0803	71,39 ± 50,19	70,30	1,0	355,8	476,7
		51	2.640,9	4,64	0,0240	51,78 ± 25,67	49,58	12,2	108,4	406,0

* Otobacias hidrográficas conforme Agência Nacional das Águas (2003). Não foram observados pivôs centrais no AC, AM e AP; e há dúvidas sobre os registrados no RJ. Elaboração: original.

Tabela 5. Continua

Região hidrográfica: nível 1	Bacia hidrográfica: nível 2	Frequência de pivôs centrais instalados (número)	Área total potencialmente irrigada pelos equipamentos de pivôs centrais (ha)	Densidade média de pivôs centrais (pivô/s/10.000 km ²)	Área relativa da otobacia ocupada por pivôs centrais (%)	Tamanho médio e desvio padrão da área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados (ha)	Coefficiente de variação da área irrigada pelos pivôs centrais instalados (%)	Extensão média do braço dos equipamentos instalados (m)	Menor área irrigada por pivô central (ha)	Maior área irrigada por pivô central (ha)
G	RH Atlântico Leste	76	5.300,3	13,75	0,0959	69,74 ± 31,16	44,68	12,2	107,5	471,2
		11	141,2	3,02	0,0039	12,84 ± 16,07	125,18	2,4	50,0	202,1
		2	23,6	0,45	0,0005	11,80 ± 8,90	75,42	2,9	20,7	193,8
		2	29,4	0,63	0,0009	14,70 ± 4,60	31,29	10,1	19,3	216,3
		253	12.368,9	40,36	0,1973	48,89 ± 21,38	43,72	15,7	122,8	394,5
		639	40.270,4	119,04	0,7502	63,02 ± 29,94	47,50	4,7	111,1	447,9
H	RH Atlântico Sul	101	5.119,2	9,88	0,0501	50,69 ± 31,01	61,17	5,1	119,5	401,7
		51	2.187,7	6,01	0,0258	42,90 ± 22,93	53,46	13,0	132,9	369,5
		25	1.263,0	11,05	0,0558	50,52 ± 19,50	38,59	15,5	97,2	401,0
		3	194,8	0,50	0,0032	64,93 ± 40,00	61,60	20,9	117,7	454,6
I	RH Atlântico Sul	411	25.602,9	48,36	0,3013	62,29 ± 34,15	54,83	6,4	199,7	445,3
		12	1.268,4	2,10	0,0222	105,70 ± 36,61	34,64	33,6	176,4	580,0
J	RH do Uruguai	1	17,9	0,23	0,0004	17,90 ± 0,00		17,9	17,9	238,7
		1.287	85.199,1	131,15	0,8682	66,20 ± 34,80	52,57	2,3	206,3	459,0
		106	6.916,1	13,87	0,0905	65,25 ± 31,59	48,41	10,5	160,5	455,7
		28	3.080,9	11,70	0,1287	110,03 ± 59,25	53,85	29,8	301,3	591,8
		2.942	114.676,9	205,40	0,8006	38,98 ± 30,10	77,22	0,5	195,0	352,2
		10	424,0	1,52	0,0064	42,40 ± 14,28	33,67	24,1	70,1	367,4
		10	685,0	2,73	0,0187	68,50 ± 27,70	40,43	25,8	111,5	466,9
		34	2.484,0	49,63	0,3626	73,06 ± 38,91	53,25	14,5	195,1	482,2
		27	1.799,8	20,80	0,1387	66,66 ± 51,82	77,74	19,0	275,1	460,6
		213	19.702,2	13,17	0,1218	92,50 ± 31,72	34,30	8,0	175,2	542,6
L	RH do Paraná	4.554	282.613,9	481,28	2,9867	62,06 ± 36,35	58,57	3,7	419,6	444,5
		1.544	101.715,2	120,41	0,7932	65,88 ± 38,01	57,69	2,3	241,2	457,9
		2.384	120.933,6	224,63	1,1395	50,73 ± 33,43	65,90	3,0	292,6	401,8
		50	3.152,0	20,55	0,1296	63,04 ± 35,29	55,97	17,5	135,7	448,0
		272	15.547,7	37,08	0,2119	57,16 ± 38,27	66,95	5,6	175,9	426,6
		62	7.010,2	2,69	0,0304	113,07 ± 44,15	39,05	12,5	207,8	599,9

* Otobacias hidrográficas conforme Agência Nacional das Águas (2003). Não foram observados pivôs centrais no AC, AM e AP; e há dúvidas sobre os registrados no RJ. Elaboração: original.



Região hidrográfica (nível 1):

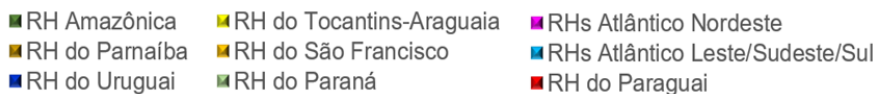
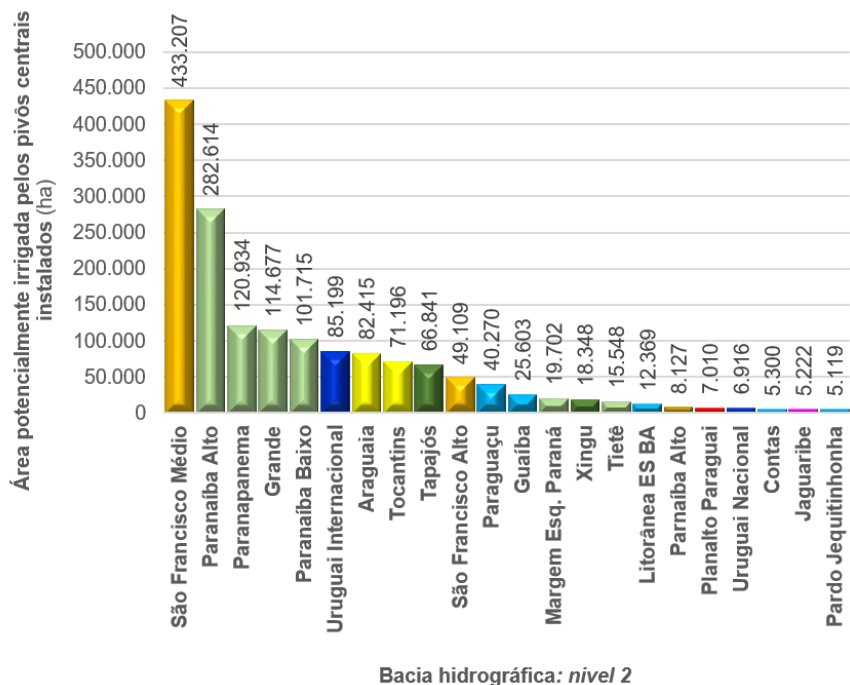


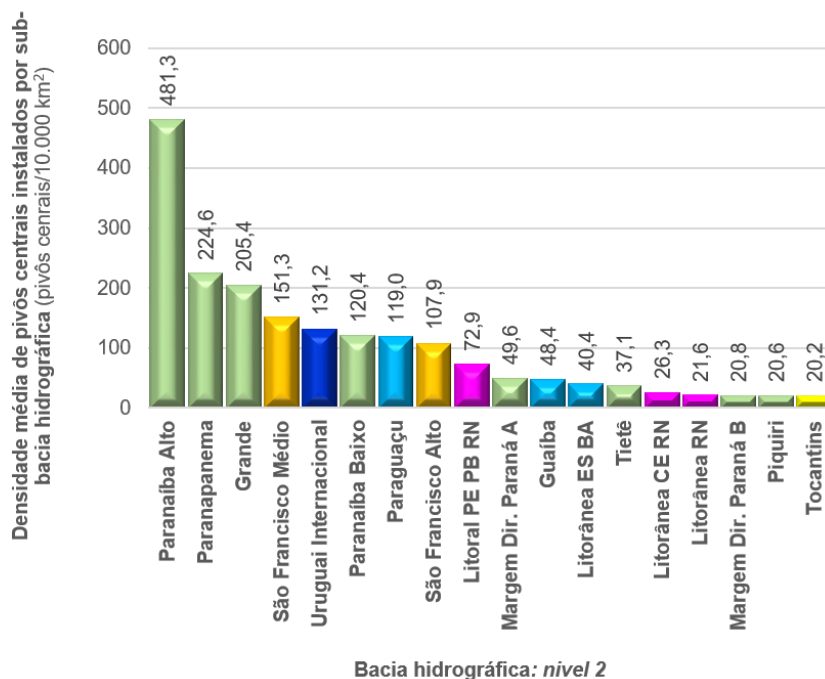
Figura 12. Frequência de equipamentos instalados para irrigação agrícola por pivôs centrais nas bacias hidrográficas do Brasil em 2020. Foram representadas aquelas com mais de cem pivôs centrais registrados.



Região hidrográfica (nível 1):

- RH Amazônica ■ RH do Tocantins-Araguaia ■ RHs Atlântico Nordeste
- RH do Parnaíba ■ RH do São Francisco ■ RHs Atlântico Leste/Sudeste/Sul
- RH do Uruguai ■ RH do Paraná ■ RH do Paraguai

Figura 13. Áreas potencialmente irrigadas pelos equipamentos de pivôs centrais instalados por bacia hidrográfica do Brasil (nível 2) em 2020. Foram destacadas aquelas com área maior que 5.000 ha potencialmente irrigados.



Região hidrográfica (nível 1):

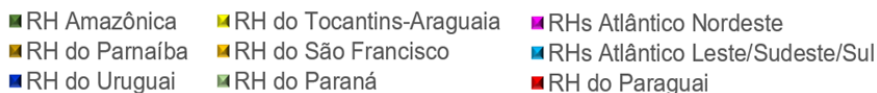
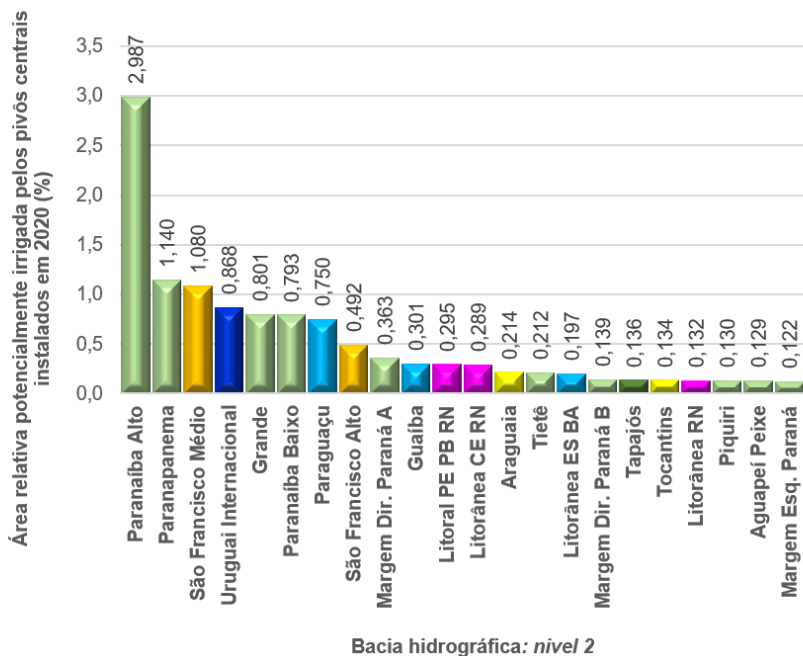


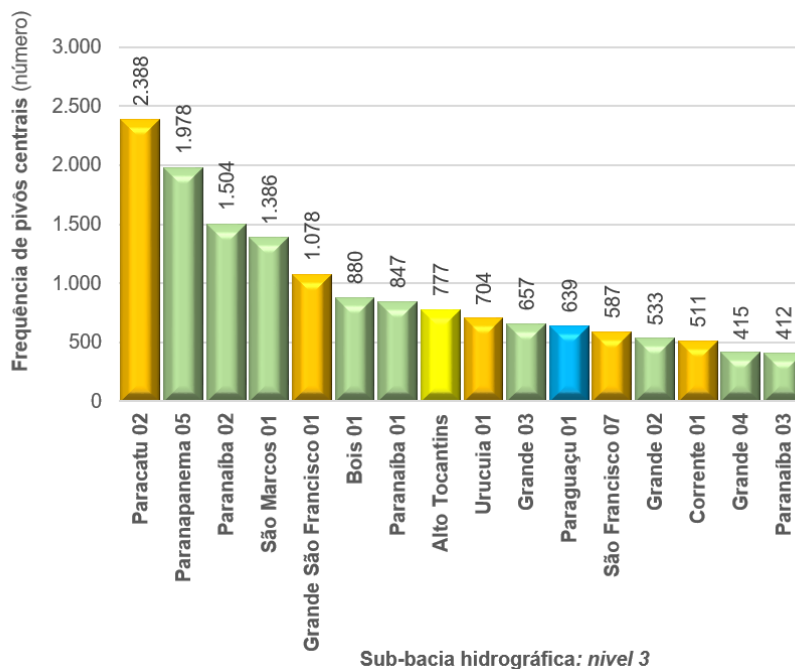
Figura 14. Densidade média de pivôs centrais instalados por bacia hidrográfica do Brasil (*nível 2*) em 2020. Foram representadas aquelas com densidade média maior do que 20 equipamentos/10.000 km².



Região hidrográfica (nível 1):

- RH Amazônica ■ RH do Tocantins-Araguaia ■ RHs Atlântico Nordeste
- RH do Parnaíba ■ RH do São Francisco ■ RHs Atlântico Leste/Sudeste/Sul
- RH do Uruguai ■ RH do Paraná ■ RH do Paraguai

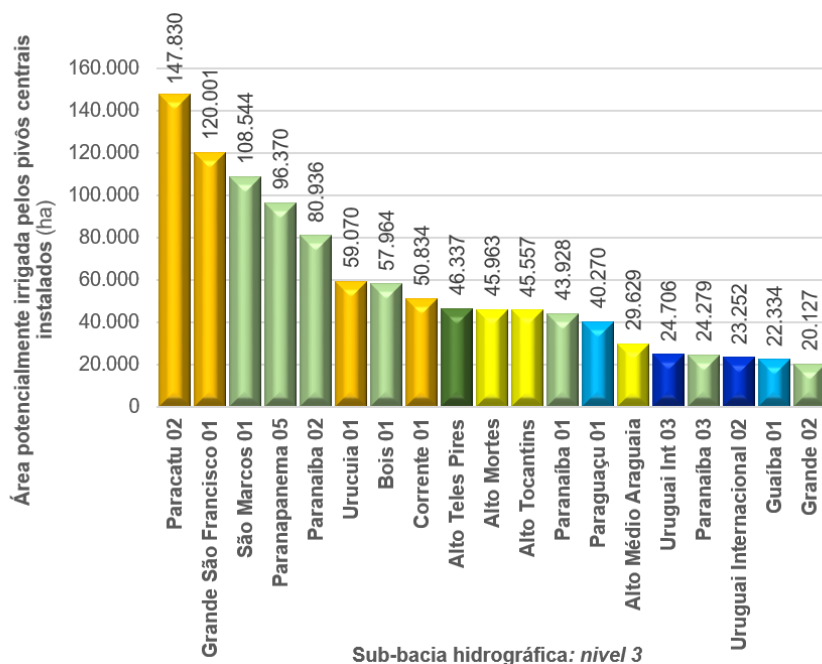
Figura 15. Área relativa potencialmente irrigada pelos equipamentos instalados por bacia hidrográfica do Brasil (nível 2) em 2020. Foram apresentadas aquelas com mais do que 0,1% da área potencialmente irrigada por pivôs centrais.



Região hidrográfica (nível 1):

- RH Amazônica
- RH do Tocantins-Araguaia
- RHs Atlântico Nordeste
- RH do Parnaíba
- RH do São Francisco
- RHs Atlântico Leste/Sudeste/Sul
- RH do Uruguai
- RH do Paraná
- RH do Paraguai

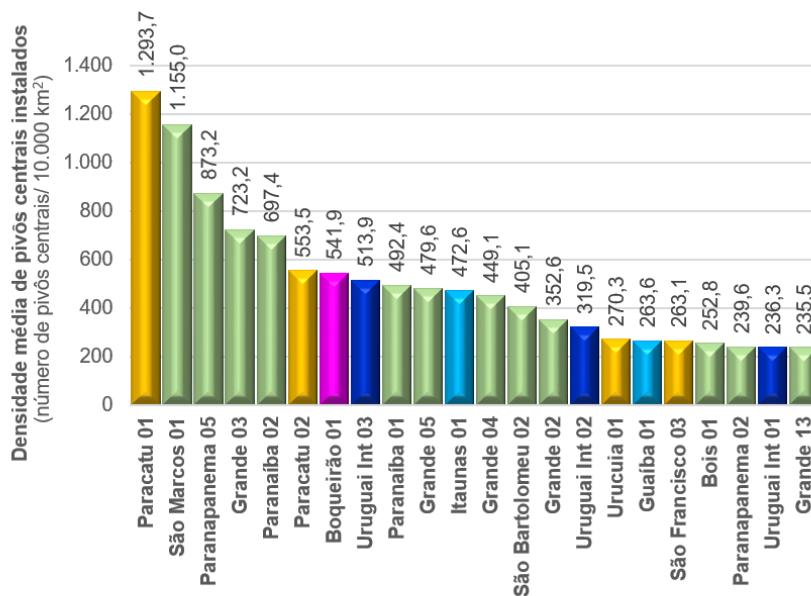
Figura 16. Frequência de equipamentos instalados para irrigação agrícola por pivôs centrais nas sub-bacias hidrográficas (*nível 3*) do Brasil em 2020. Foram representadas aquelas com mais do que 400 pivôs centrais registrados.



Região hidrográfica (nível 1):

- RH Amazônica ■ RH do Tocantins-Araguaia ■ RHs Atlântico Nordeste
- RH do Parnaíba ■ RH do São Francisco ■ RHs Atlântico Leste/Sudeste/Sul
- RH do Uruguai ■ RH do Paraná ■ RH do Paraguai

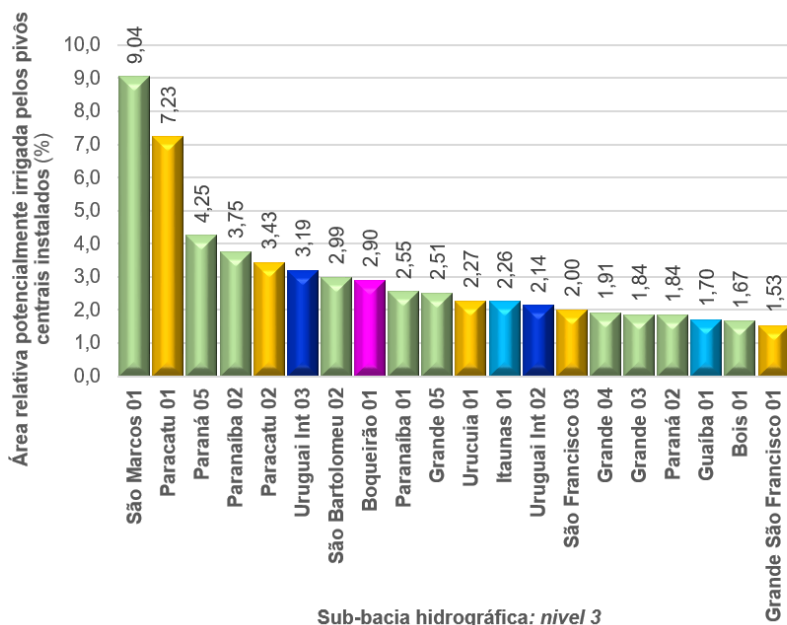
Figura 17. Áreas potencialmente irrigadas pelos equipamentos de pivôs centrais instalados por sub-bacias hidrográficas do Brasil (*nível 3*) em 2020. Foram destacadas aquelas com área maior que 20.000 ha potencialmente irrigados.

Sub-bacia hidrográfica: *nível 3*

Região hidrográfica (nível 1):

- RH Amazônica
- RH do Tocantins-Araguaia
- RHs Atlântico Nordeste
- RH do Parnaíba
- RH do São Francisco
- RHs Atlântico Leste/Sudeste/Sul
- RH do Uruguai
- RH do Paraná
- RH do Paraguai

Figura 18. Densidade média de pivôs centrais instalados por sub-bacia hidrográfica do Brasil (*nível 3*) em 2020. Foram representadas aquelas com densidade média maior do que 200 equipamentos/10.000 km².



Região hidrográfica (nível 1):

- RH Amazônica ■ RH do Tocantins-Araguaia ■ RHs Atlântico Nordeste
- RH do Parnaíba ■ RH do São Francisco ■ RHs Atlântico Leste/Sudeste/Sul
- RH do Uruguai ■ RH do Paraná ■ RH do Paraguai

Figura 19. Área relativa potencialmente irrigada pelos equipamentos instalados por sub-bacia hidrográfica do Brasil (*nível 3*) em 2020. Foram apresentadas aquelas com mais do que 1,5% da área potencialmente irrigada por pivôs centrais.

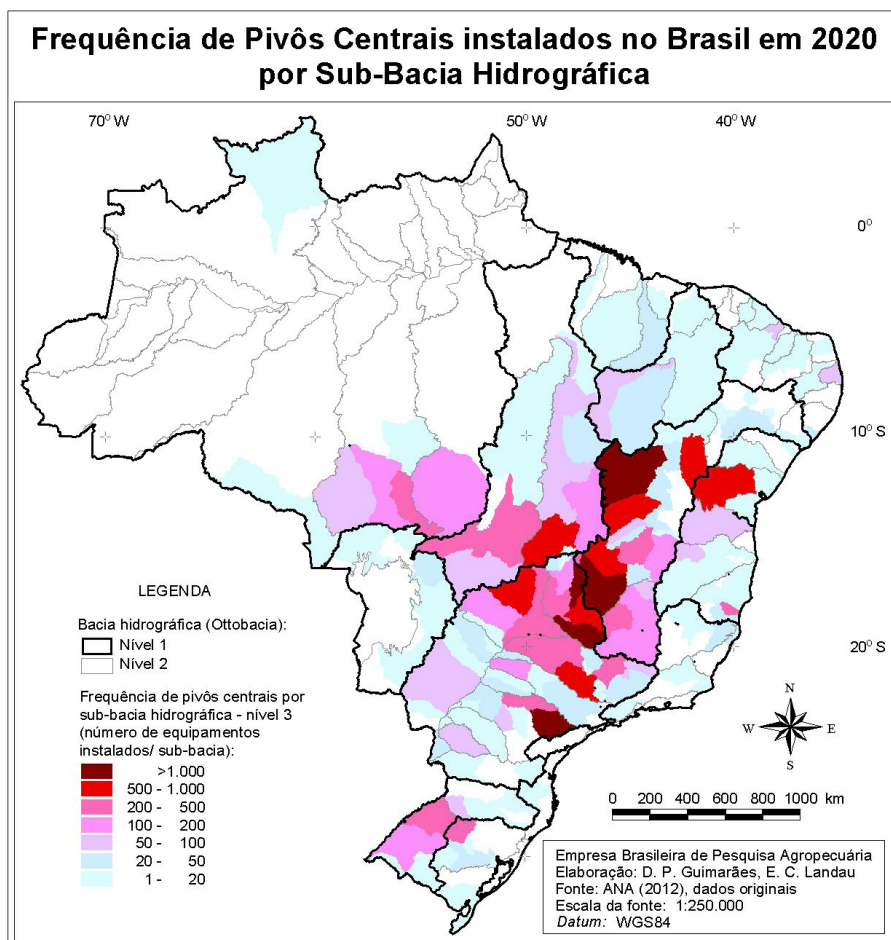


Figura 20. Frequência de equipamentos de irrigação por pivôs centrais registrados nas sub-bacias hidrográficas do Brasil (nível 3) em 2020.

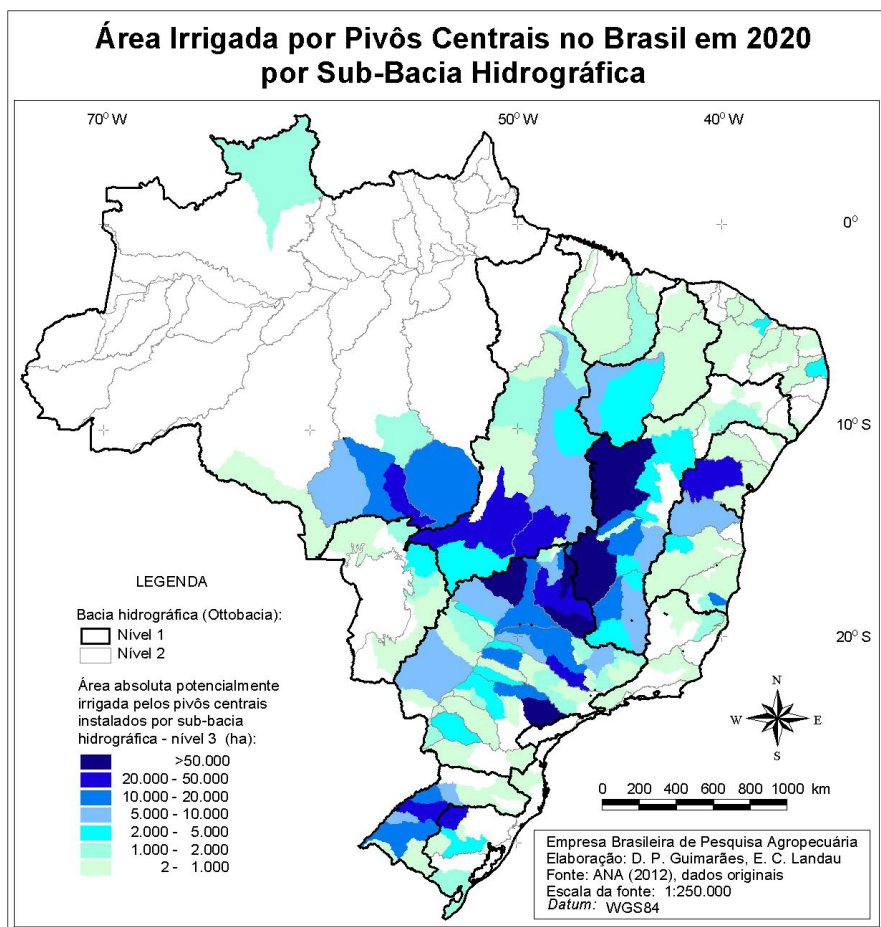


Figura 21. Área potencialmente irrigada por pivôs centrais registrados nas sub-bacias hidrográficas do Brasil (nível 3) em 2020

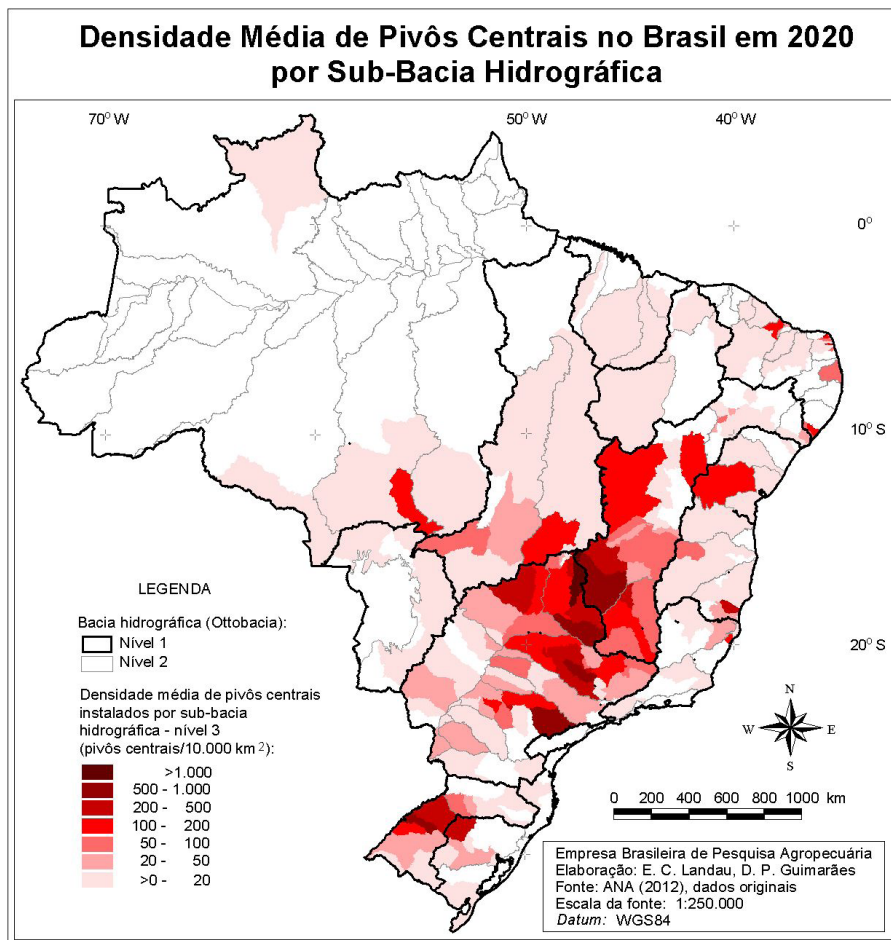


Figura 22. Densidade média de equipamentos de pivôs centrais instalados nas sub-bacias hidrográficas do Brasil (nível 3) em 2020.

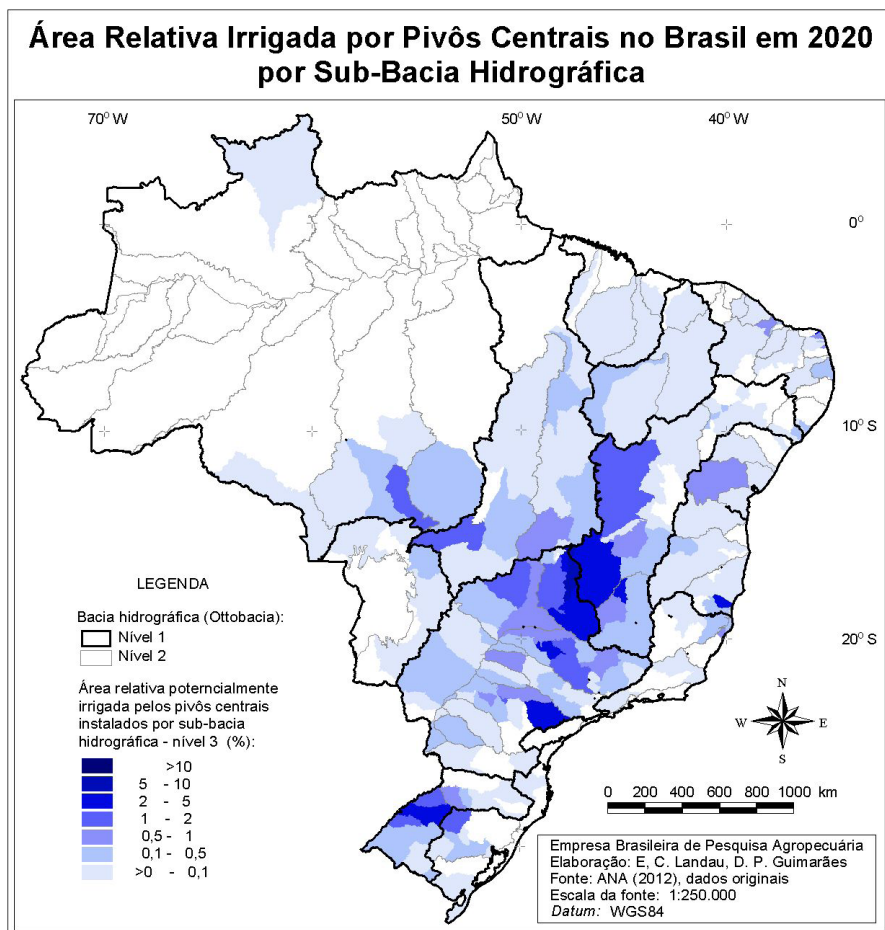


Figura 23. Área relativa das sub-bacias hidrográficas do Brasil potencialmente irrigada pelos pivôs centrais registrados (nível 3) em 2020.

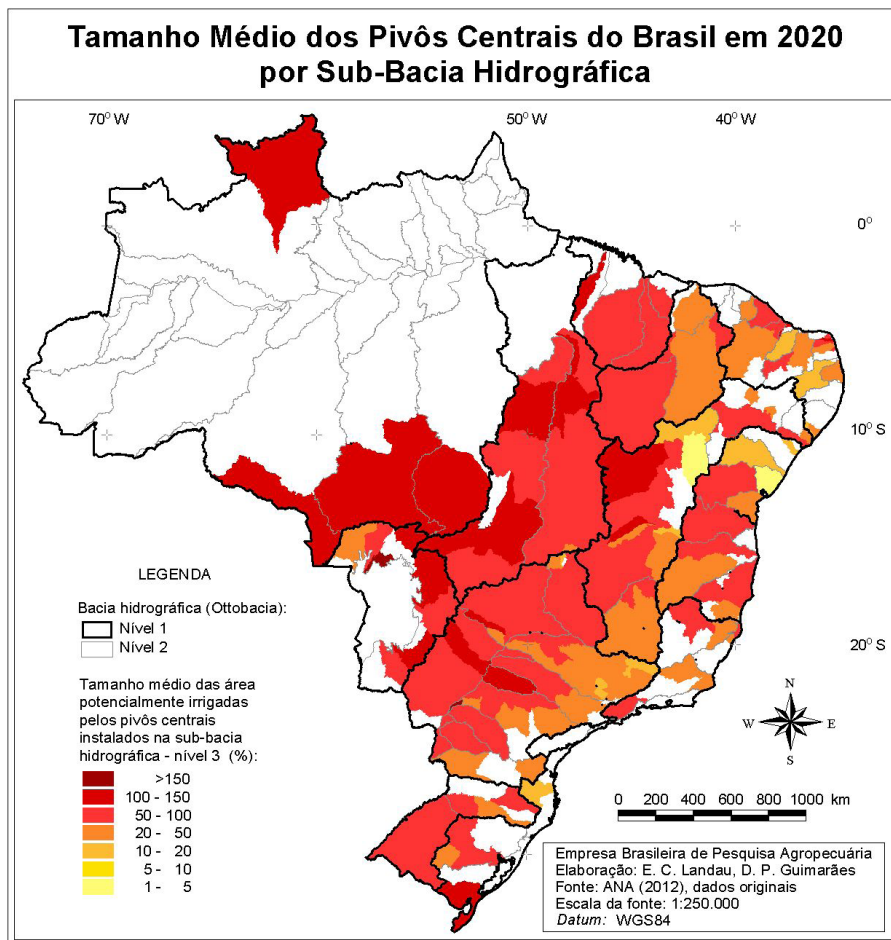


Figura 24. Tamanho médio das áreas potencialmente irrigadas pelos pivôs centrais instalados por sub-bacia hidrográfica (nível 3) no Brasil em 2020.

Evolução da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais / Análise Integrada

Comparando os levantamentos de pivôs centrais referentes a 2017 e 2020, verificou-se um aumento de 9,11% no número de equipamentos instalados e de 9,25% em termos de área potencialmente irrigada através desse método no Brasil. Considerando as Unidades da Federação com pelo menos cem pivôs centrais instalados em 2017 ou 2020, observou-se que na maioria destas houve um aumento, mas alguns Estados tiveram redução na quantidade de equipamentos instalados e da área potencialmente irrigada (Tabela 6). Os Estados em que foi verificado aumento maior do que 5% da área potencialmente irrigada foram Maranhão (60,18%), Mato Grosso (22,03%), Paraná (19,04%), Tocantins (17,35%), São Paulo (11,88%), Minas Gerais (10,83%), Bahia (9,17%), Rio Grande do Sul (7,09%) e Goiás (6,46%); e aqueles com redução superior a 5% foram Alagoas (-63,70%), Mato Grosso do Sul (-28,91%) e Ceará (-17,66%). No caso dos Estados do Maranhão e da Bahia, o aumento pode estar relacionado aos maiores incentivos para expansão da fronteira agrícola denominada Matopiba (Landau et al., 2016). A diminuição de áreas irrigadas em Estados como Alagoas e Sergipe provavelmente está relacionada com a redução das áreas de cana-de-açúcar irrigadas. Diversas mudanças observadas também podem ser explicadas em razão das mudanças metodológicas na identificação dos equipamentos por imagens, permitindo a exclusão de pastos rotacionados sem o uso de pivôs centrais no Mato Grosso do Sul, por exemplo, e também da exclusão de áreas com padrões circulares eventualmente incluídas em levantamentos anteriores e excluídas neste levantamento.

Tabela 6. Variação da quantidade e área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais levantados em 2017 e 2020 por Unidade da Federação do Brasil. Foram consideradas as UF's com pelos menos 100 pivôs centrais observados, e estas são apresentadas em ordem decrescente de variação percentual da área potencialmente irrigada.

UF	Frequência de pivôs centrais instalados (número de equipamentos)		Área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados (ha)		Variação do número de pivôs centrais instalados (%)	Variação da área potencialmente irrigada pelos pivôs centrais instalados (%)
	2017	2020	2017	2020		
MA	69	112	5.491,8	8.797,0	62,32	60,18
MT	929	1.117	113.124,9	138.043,0	20,24	22,03
PR	207	249	12.255,8	14.633,3	20,29	19,40
TO	156	185	14.392,4	16.890,1	18,59	17,35
SP	4.262	4.734	190.507,1	213.137,0	11,07	11,88
MG	7.401	8.541	452.189,6	501.183,6	15,40	10,83
BA	3.110	3.099	216.631,4	236.491,4	-0,35	9,17
RS	1.683	1.813	110.858,5	118.718,6	7,72	7,09
GO	3.945	4.207	272.329,5	289.910,9	6,64	6,46
DF	256	270	14.417,4	14.979,1	5,47	3,90
ES	309	305	14.418,2	14.250,7	-1,29	-1,16
CE	144	127	8.421,6	6.934,2	-11,81	-17,66
MS	320	239	31.878,5	22.661,5	-25,31	-28,91
AL	117	41	4.014,0	1.456,9	-64,96	-63,70
Brasil	23.181	25.292	1.476.100,85	1.612.617,3	9,11	9,25

* UF's representadas pelas siglas adotadas pelo IBGE. Elaboração: original.

Considerações Finais

Foi verificada grande concentração da agricultura irrigada por pivôs centrais no Distrito Federal, em São Paulo, Minas Gerais e Goiás. Em termos de área absoluta potencialmente irrigada pelos equipamentos instalados, os municípios que se destacaram foram Paracatu-MG, Unaí-MG e Cristalina-GO; mas em relação à área relativa municipal potencialmente irrigada destacaram-se principalmente municípios dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Bahia, em especial Itaí-SP, Santa Juliana-MG e Casa Branca-SP.

Em termos de bacias hidrográficas, a maior concentração de área potencialmente irrigadas por pivôs centrais ocorre nas regiões hidrográficas do Paraná (877.735 ha) e São Francisco (636.102 ha). Nestas, destacam-se três sub-bacias por apresentarem acima de 100.000 ha potencialmente irrigados por pivôs centrais: Paracatu 02 e Grande São Francisco 01 (ambas na RH São Francisco/Bacia do Médio São Francisco), e São Marcos (RH do Paraná/Bacia do Alto Paranaíba). Também foram observadas duas sub-bacias com mais do que 5% de suas áreas potencialmente irrigadas por pivôs centrais: a do São Marcos, já mencionada, e a do Paracatu 01 (RH do São Francisco/Bacia do Médio São Francisco).

Foi observado aumento considerável da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil entre 2017 e 2020 (9,25%), tendo sido registrado também aumento em algumas Unidades da Federação e redução considerável em outras. Parte dessas variações pode ser explicada por mudanças nos sistemas de produção ou expansão da tecnologia, mas outras variações também podem estar relacionadas com a adoção de nova metodologia para a identificação das áreas irrigadas por pivôs centrais. O uso de imagens de melhor resolução permitiu a identificação de novos pivôs instalados, exclusão de áreas que deixaram de ser irrigadas, exclusão de falsas identificações e inclusão de pequenos equipamentos não identificados nos levantamentos anteriores.

Tendo em vista a tendência de crescimento da demanda pelos múltiplos usos da água e a tendência de escassez dos recursos hídricos, fica evidente a necessidade de racionalização de seu uso, incluindo o conhecimento da oferta hídrica, que pode ser inferida em função da precipitação anual e a disponibilidade hídrica que se refere à diferença entre a precipitação e a

evapotranspiração (Guimarães et al., 2020). Assim, apesar do aumento da demanda pela produção de alimentos, a expansão futura da agricultura irrigada estará condicionada a limitações ou incentivos econômicos, à disponibilidade de água de qualidade outorgada, à adoção de práticas conservacionistas que visem o aumento da quantidade e qualidade de água disponível para irrigação e à adoção de práticas de otimização do uso da água aumentando a eficiência de uso do método.

Conclusões

- A agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil encontra-se em franca expansão, ocupando em 2020 uma área superior a 1,6 milhão de hectares.

- Existem imagens disponíveis gratuitamente com alta resolução espacial (CBERS 4A com resolução de 2 metros) e curtos períodos de revisita (Sentinel 2 – a cada cinco dias) compatíveis com a identificação de áreas irrigadas por pivôs centrais no Brasil.

- A conversão das imagens para o formato KMZ traz ganhos em relação ao tamanho dos arquivos e à sobreposição sobre imagens de alta resolução da plataforma *Google Earth Pro*.

- A metodologia adotada e o uso do índice espectral PSSR e imagens de melhor resolução espacial permitiu a exclusão de mais de 1.600 pivôs centrais mapeados no levantamento de 2017, provavelmente em função da inatividade ou de erros de identificação na época.

- Foram observadas reduções sensíveis nas áreas irrigadas de cana-de-açúcar nos estados do Nordeste e em Roraima.

- É comum a ocorrência de áreas de pastagens em sistemas rotacionados sem a presença de pivô central no Mato Grosso do Sul, especialmente na Região Sudoeste do estado.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil**. Disponível em: <<https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=328&currTab>>. Acesso em: 30 out. 2020a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Bacias Hidrográficas Ottocodificadas (Níveis Otto)**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=47&currTa>>. Acesso em: 30 out. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil (1985-2017)**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Mapeamento do arroz irrigado no Brasil**. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas: Companhia Nacional de Abastecimento, 2020b. Disponível em: <file:///C:/Users/Simone/Downloads/Mapeamento-arroz-irrigado-no-Brasil_ANA_Conab_2020.pdf>. Acesso em: 29 out. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Polos nacionais de agricultura irrigada**: mapeamento de áreas irrigadas com imagens de satélite. Brasília, DF, 2020c. 46 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil (2013-2017)**. Brasília, DF, 2020d. 63 p.

ALBUQUERQUE, A. O.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; CARVALHO, O. L. F.; BEM, P. B.; FERREIRA, P. H. G.; MOURA, R. S.; SILVA, C. R.; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES, R. F. Deep semantic segmentation of center pivot irrigation systems from remotely sensed data. **Remote Sensing**. v. 12, n. 13, 2159, 2020.

ARAÚJO, G. L.; MANTOVANI, E. C.; LUPPI, A. S. L.; KLIPPEL, A. H. Algoritmo para detecção automática de pivôs centrais. **Revista da Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu**, v. 13, n. 2, p. 34-42, jul./dez. 2015.

ATLAS irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2017. 86 p.

BARROZO, V. P.; SOUZA, H. A.; SANTOS, M. A. O.; ALMEIDA, L. C. P.; WEISS, C. Desperdício de alimentos: o peso das perdas para os recursos naturais. **Revista Agroecossistemas**, v. 11, n. 1, p. 75-96, dez. 2019.

BENBAHRIA, Z.; SEBARI, I.; HAJJI, H.; SMIEJ, M. F. Intelligent mapping of irrigated areas from Landsat 8 images using transfer learning. **International Journal of Engineering and Geosciences**, v. 6, n. 1, p. 40-50, 2021.

BLACKBURN, G. A. Quantifying chlorophylls and carotenoids at leaf and canopy scales: an evaluation of some hyperspectral approaches. **Remote Sensing of Environment**, v. 66, n. 3, p. 273-285, Dec. 1998.

BORGHETTI, J.; SILVA, W.; NOCKO, H.; LOYOLA, L.; CHIANCA, L. **Agricultura irrigada sustentável no Brasil**: identificação de áreas prioritárias. Brasília, DF: FAO, 2017. 226 p.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 22 maio 2020.

FAO. **FAOSTAT**: FAO Statistical Databases. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/>>. Acesso em: 30 out. 2020.

FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.; TOLEDO, J. H. Classificação de áreas irrigadas por pivôs centrais utilizando como base a segmentação. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 145-152, abr./jun. 2011.

GALVÃO, W. S.; MENESES, P. R. Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2511-2518. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.01.26/doc/2511.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2020.

GUIMARÃES, D. P.; BRANDÃO, G. R. Variação geográfica da agricultura irrigada. In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. (Ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisa-**

gem natural no Brasil nas últimas décadas: sistemas agrícolas, paisagem natural e análise integrada do espaço rural. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 4, cap. 51, p. 1781-1820. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1122734>>. Acesso em: 30 out. 2020.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil em 2013**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 40 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 106). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1008950>>. Acesso em: 30 out. 2020.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 23 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 40). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/920200>>. Acesso em: 30 out. 2020.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; BRANDÃO, G. R.; SANTOS, M. C. B. Diagnóstico da agricultura irrigada por pivôs centrais em São Paulo. **Item**, n. 118/119, p. 26-32, 2019.

IBGE. **Bases e referenciais:** bases cartográficas: malhas digitais municipais, 2019. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2013/>. Acesso em: 20 out. 2020.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. **Censo agropecuário:** tabela 6857 - Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação e área irrigada dos estabelecimentos agropecuários, por tipologia, método utilizado para irrigação, sexo do produtor, classe de idade do produtor e existência de energia elétrica. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6857#notas-tabela>>. Acesso em: 20 out. 2020b.

KUNDHAVI, K.; PUSPA RAJ, K. Rethinking irrigation for global food security. **Irrigation and Drainage**, v. 67, n. 1, p. 8-11, 2018.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; SOUSA, D. L. de. **Expansão geográfica da agricultura irrigada por pivôs centrais na Região do Matopiba entre 1985 e 2015**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 55 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 136). Disponível

em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1062686>>. Acesso em: 30 out. 2020.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; SOUZA, D. L. de. **Variação da área irrigada por pivôs centrais no Brasil entre 2013 e 2014**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 126). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1038191>>. Acesso em: 30 out. 2020.

LANDAU, E. C.; MOURA, L.; GUIMARÃES, D. P.; HIRSCH, A.; PIMENTA, F. M. **Concentração geográfica de pivôs centrais no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 37 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 69). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/977535>>. Acesso em: 31 out. 2020.

LITTLE, J. The Ogallala Aquifer: saving a vital U.S. water source. **Scientific American**, v. 19, p. 32-39, 2009. Special edition. Disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/the-ogallala-aquifer/>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

MARANHA, L. G. **Mapeamento semiautomático de áreas irrigadas por pivôs centrais por meio de análise espacial orientada a objeto em imagens Landsat 8**. 2018. 85 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

MARIN, F. R.; PILAU, F. G.; SPOLADOR, H. F. S.; OTTO, R.; PEDREIRA, C. G. S. Intensificação sustentável da agricultura brasileira: cenários para 2050. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 108-124, 2016.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa-CNPq, 2011. 24 p. (Embrapa-CNPq. Circular Técnica, 11). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107339/1/CNPq-DOCUMENTOS-11-SELECAO-DE-SISTEMAS-DE-IRRIGACAO-PARA-HORTALICAS-FL-07821.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2020.

MAULE, R. F. **Método multidisciplinar de análise territorial para o fortalecimento da agricultura irrigada**: aplicação em políticas públicas. 2020. 97 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2020.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Transformando nosso mundo**: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 9 ago. 2020.

OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION. **Quantum GIS v. 3.10.7**. Coruña, 2019. Disponível em: <<http://qgis.org/>>. Acesso em: 3 jul. 2020.

RAY, D. K.; MUELLER, N. D.; WEST, P. C.; FOLEY, J. A. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. **PLoS ONE**, v. 8, n. 6, e22428, 2013.

SANTI, A.; VICARI, M. B.; PANDOLFO, C.; DALMAGO, G. A.; MASSIGNAM, A. M.; PASINATO, A. Impacto de cenários futuros de clima no zoneamento agroclimático do trigo na região sul do Brasil. **Agrometeoros**, v. 25, n. 2, p. 303-311, 2018.

SARAIVA, M.; PROTAS, E.; SALGADO, M.; SOUZA, C. Automatic mapping of center pivot irrigation systems from satellite images using deep learning. **Remote Sensing**, v. 12, n. 3, article 558, 2020.

THORSTENSEN, V.; MOTA, C. R.; THOMAZELLA, F. **OCDE e a nova demanda da agricultura**: produtividade e políticas agrícolas sustentáveis. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2019. (Working Paper, 510).

TOLEDO, C. E.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; SOUZA, C. M. P. Eficiência da aplicação da água por pivô central em diferentes regiões de Minas Gerais. **Irriga**, v. 22, n. 4, p. 821-831, 2017.

Anexo1

Base de dados gerada em formato vetorial (shapefile) pode ser acessada através da Plataforma GeoInfo/Embrapa, considerando os seguintes links por Unidade da Federação:

http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_al
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_ba
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_ce
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_df
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_es
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_go
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_ma
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_mg
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_ms
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_mt
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_pa
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_pb
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_pe
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_pi
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_pr
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_rn
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_ro
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_rr
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_rs
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_sc
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_se
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_sp
http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Apivos_2020_uf_to



Milho e Sorgo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

